

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 621.9

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
В.І.Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг

на тему: «Підвищення рівня енергоефективності школи за рахунок модернізації системи вентиляції.»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 71мп  
(шифр групи)

Кошкіна Тетяна Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Суходуб. І.О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут **Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

Кафедра **Теплотехніки та енергозбереження**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) **144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.І. Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 01 » вересня 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Кошкіній Тетяні Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації : Підвищення рівня енергоефективності школи за рахунок модернізації системи вентиляції.

науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Суходуб. І. О.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4089с

2. Строк подання студентом дисертації « 15 » грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження система енергозабезпечення загальноосвітньої школи №67.

4. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

а) теплова частина: розрахунок тепловтрат та теплонадходжень різними методами, рекомендації до запровадження заходів з енергозбереження;

б) електрична частина: аналіз споживачів електричної енергії школи, побудова балансів споживання енергоресурсів, запровадження засобів з енергозбереження;

в) спеціальна частина модернізація системи вентиляції загальноосвітньої школи №67 за рахунок впровадження системи вентиляції з рекуперацією;

г) енергетичний менеджмент розрахунок раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів у школі;

д) стартап-проект щодо впровадження вентиляції з рекуперацією у школі, аналіз різних факторів впливу на запровадження проекту;

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу схема теплову пункту школи, електрична схема, спеціальне питання, схема плану об'єкта.

7. Орієнтовний перелік публікацій тези доповіді на конференцію

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електрична частина	доц. Замулко А.І.		
Нормоконтроль	доц. Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 01.09.2018 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Загальна характеристика об'єкту	29.10 - 17.11. 2018	
2.	Розрахунок теплотехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
3.	Розрахунок електротехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
4.	Спеціальна частина	01.11 - 10.12. 2018	
5.	Енергетичний менеджмент	01.11 - 10.12. 2018	
6.	Стартап-проект	01.11 - 10.12. 2018	
7.	Підготовка графічного матеріалу	01.11 - 10.12. 2018	
8.	<b>Нормоконтроль</b>	03.12 - 13.12. 2018	
9.	<b>Попередній захист</b>	10.12 - 14.12. 2018	
10.	<b>Захист магістерської дисертації</b>	17.12 - 21.12. 2018	

Студент

\_\_\_\_\_ Т. М. Кошкіна  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ І. О. Суходуб  
(підпис) (ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської дисертації складається з 6 розділів, та містить 94 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 40 ілюстрацій, 38 таблиць та 25 бібліографічних найменувань за переліком посилань. У дипломному проєкті об'єктом дослідження є середня загальноосвітня школа №67 м. Києва.

Актуальність теми полягає у використанні систем вентиляції з рекуперацією для зниження втрат енергоресурсів.

Метою роботи є полягає у підвищенні рівня енергоефективності будівлі за рахунок впровадження системи вентиляції з рекуперацією.

Завдання дослідження – підібрати такі вентиляційні установки, які забезпечуватимуть необхідний повітрообмін та споживатимуть мінімальну кількість електроенергії. Розрахувати капітальні затрати на встановлення установки, економію енергії та термін окуповлюваності.

Об'єкт дослідження – вентиляційні установки з рекуперацією тепла Prana 200G та Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС.

Предмет дослідження – обрахунок кількості установок та їх вид, які необхідно встановити в навчальних класах, актовій залі та спортивній залі для забезпечення відповідного повітрообміну.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні доцільності встановлення систем вентиляції з рекуперацією у навчальних закладах.

Отримані результати можна запропонувати для підвищення рівня енергоефективності середньої загальноосвітньої школи №67 м. Київ.

Публікації: стаття на I науково-технічну конференцію магістрантів ІЕЕ. М. Київ, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Ключові слова: енергоефективність, споживання енергії, втрати тепла, система опалення, система вентиляції, рекуперація тепла, система електропостачання, економіка.

## **ABSTRACT**

The explanatory note for the diploma project consists of 6 sections, and contains 94 pages of the main text. The main text of the work contains 40 illustrations, 38 tables and 25 bibliographic titles in the list of references. In the diploma project the object of research is secondary school № 67 of Kiev.

The urgency of the topic is to use ventilation systems with recovery to reduce energy losses.

The purpose of the work is to increase the energy efficiency of the building through the introduction of a ventilation system with recovery.

The task of the study is to select such ventilation units, which will provide the necessary air exchange and consume the minimum amount of electricity. Calculate capital costs for installing installation, energy savings and the period of refurbishment.

The object of the study - ventilation units with heat recovery of Prana 200G and Vents VUT 600 EG of the EU.

The subject of the study is the calculation of the number of installations and their type, which must be installed in the classroom, assembly hall and gym in order to provide appropriate air exchange.

The scientific novelty of the master's dissertation is to study the feasibility of installing ventilation systems with recovery in educational institutions.

The obtained results can be offered to increase the energy efficiency of secondary school №67 in Kyiv.

Publications: an article at the 1st scientific and technical conference of IEE masters, Kiev, National Technical University of Ukraine "KPI them. Igor Sikorsky »

Key words: energy efficiency, energy consumption, heat loss, heating system, ventilation system, heat recovery, power supply system, economics.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	8
ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Загальні характеристики об'єкта дослідження .....	11
1.2 Детальні відомості про об'єкт дослідження.....	13
1.3 Аналіз фактичного енергоспоживання .....	16
2 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Розрахунок потужності системи опалення.....	18
2.1.1 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції.....	18
2.1.2 Додаткові втрати теплоти.....	27
2.1.3 Додаткові теплові надходження .....	28
2.1.4 Розрахункова потужність системи опалення .....	30
2.2 Облік споживання теплової енергії.....	31
2.3 Аналіз динаміки зміни тарифу на теплову енергію.....	32
2.4 Система водопостачання .....	33
2.5 Заходи з енергозбереження в системі теплопостачання .....	34
2.6 Розрахунок в програмі RetScreen.....	41
Висновки до розділу .....	46
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА .....	47
3.1 Схема зовнішнього електропостачання об'єкта .....	47
3.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкта .....	48
3.3 Характеристика трансформаторної підстанції та її завантаження .....	48
3.4 Характеристика основних споживачів електроенергії на об'єкті.....	50
3.5 Розрахунок електричних навантажень об'єкта.....	50
3.6 Оцінка існуючих засобів компенсації реактивної енергії.....	56
3.7 Облік споживання електроенергії .....	57
3.8 Баланси річного споживання активної та реактивної енергії.....	58
3.9 Аналіз динаміки тарифів на електроенергію .....	61
3.10 Заходи з енергозбереження та енергоефективності .....	62

Висновки до розділу .....	69
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШКОЛИ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ .....	70
4.1 Літературний огляд, постановка задачі .....	70
4.2 Теоретичні відомості щодо методики визначення характеристик .....	71
4.3 Результат проведених розрахунків.....	76
Висновки до розділу .....	76
5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ .....	77
5.1 Поточний стан системи енергетичного менеджменту .....	77
5.2 Створення системи енергетичного менеджменту .....	77
5.2.1 Прийняття зобов'язання .....	77
5.2.2 Оцінка ефективності використання енергії.....	78
5.2.3 Встановлення цілей.....	78
5.2.4 Розроблення чіткого плану дій .....	78
5.2.5 Виконання плану .....	79
5.2.6 Оцінка результатів .....	79
5.2.7 Оцінка досягнутого прогресу.....	79
Висновки до розділу .....	80
6 СТАРТАП-ПРОЕКТ. ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ПОВІТРЯ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ.....	81
6.1 Опис ідеї проекту .....	81
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	82
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	83
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
ДОДАТКИ.....	93

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

### СКОРОЧЕННЯ

СЗШ – середня загальноосвітня школа;

ІТП – центральний тепловий пункт;

ОК – огорожувальні конструкції;

ЛР – лампи розжарювання;

ЛБ – люмінесцентні лампи;

LED – світлодіодні лампи;

ТП – трансформаторна підстанція;

ГРЩ – головний розподільний щит

НКРЕКП – національна комісія, що здійснює регулювання енергетики та комунальних послуг

### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{\text{вн.}}$  – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;

$t_{\text{р.о.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;

$\delta$  – товщина;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$R$  – опір теплопередачі;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі;

$F$  – площа;

$t_{\text{ср.о}}$  – середня температура за опалювальний період;

$n_0$  – тривалість опалювального періоду;

### ІНДЕКСИ

з. – зовнішній;

вн. – внутрішній;

Пл – підлога;

сн – санітарні норми;

с.р. – сонячна радіація;

тн – теплонадходження;

р. – розрахункове;

ф. – фактичне



## ВСТУП

Щороку питання енергозбереження набуває все більшої актуальності, у зв'язку з обмеженою кількістю енергоресурсів та постійним зростанням їх вартості. Енергозбереження починається з чіткого розуміння необхідності покращення економічних показників за рахунок меншого споживання енергоресурсів. Для того щоб забезпечити раціональне використання енергетичних ресурсів необхідний ефективний підхід до аналізу систем споживання енергії. Скорочення витрат на паливно-енергетичні ресурси досягається шляхом доведення споживання енергетичних ресурсів до кращих показників за рахунок проведення організаційних і технічних заходів з енергозбереження.

У своїй магістерській дисертації я вирішила розрахувати підвищення рівня енергоефективності школи за рахунок модернізації систем вентиляції. А саме, встановити два типи установок з рекуперацією повітря. Завдяки рекуперації повітря ми знизимо тепловтрати і завдяки системі вентиляції свіже повітря постійно поступатиме в приміщення, ще є важливим фактором для забезпечення комфортного самопочуття учнів.

*Актуальність теми.*

Важливим фактором комфортного перебування в приміщенні є якість та температура повітря. Неможливо забезпечити необхідні умови життєдіяльності без свіжого повітря і створити оптимальний мікроклімат. Основним завданням вентиляції є подача свіжого і видалення забрудненого повітря з приміщень.

В навчальних закладах особливо важливим є постійне поступання свіжого повітря в приміщення, так як в класах навчається до 30 учнів, і саме від якості повітря залежить їх самопочуття.

В більшості шкіл використовується природна вентиляція, тобто вентиляція шляхом відкривання вікон, що не є задовільним методом для заміни повітря та підвищення рівня енергозбереження, особливо в холодну пору року.

### *Мета дослідження.*

Визначити яка система вентиляції вигідніша для встановлення в навчальному закладі з метою підвищення рівня енергозбереження.

### *Завдання дослідження.*

Підібрати такі вентиляційні установки, які забезпечуватимуть необхідний повітрообмін та споживатимуть мінімальну кількість електроенергії. Розрахувати капітальні затрати на встановлення установки, економію енергії та термін окуповлюваності.

### *Об'єкт дослідження.*

Об'єтом дослідження є вентиляційні установки з рекуперацією тепла Prana 200G та Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС.

### *Предмет дослідження.*

Предметом дослідження є визначення кількості установок для їх встановлення в навчальних класах, актовій залі та спортивній залі для забезпечення відповідного повітрообміну.

### *Наукова новизна.*

Наукова новизна полягає у дослідженні доцільності встановлення систем вентиляції з рекуперацією у навчальних закладах.

### *Практичне значення отриманих результатів.*

Отримані результати можна запропонувати для підвищення рівня енергоефективності середньої загальноосвітньої школи №67 м. Київ.

### *Апробація результатів дисертації.*

Результати роботи були представлені у вигляді тез доповідей на «І науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ. М. Київ, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

### *Структура і обсяг дисертаційної роботи.*

Магістерська дисертація складається з 6 розділів, та містить 94 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 40 ілюстрацій, 38 таблиць та 25 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Загальні характеристики об'єкта дослідження

Об'єктом енергетичного аудиту є загальноосвітня школа (ЗШ) №67 м. Києва, яка розташована за адресою вул. Героїв Севастополя, 9-а.

Рік побудови об'єкту – 1963.

Форма школи Н-подібної форми з однією чотириповерховою та двома одноповерховими секціями А, Б та В відповідно (рис. 1.1 та 1.2).



Рисунок 1.1 – Зображення школи №67. Вид зверху



Рисунок 1.2 – Будівля з різних сторін

Станом на сьогоднішній день, в школі навчається та працює 540 учнів та 69 робітників відповідно.

Стіни збудовані з керамічної порожнистої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 690 та 540 мм. Теплової ізоляції немає. Стіни оштукатурені та пофарбовані з внутрішньої сторони.

Дах чотириповерхової секції має горище. Гідроізоляція виконана з листового рубероїда у 2 (місцями – 3) шари. Дах одноповерхової секції складається з керамзитобетону та розташований над опалювальною площею (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Зображення даху секцій школи №67

Секція А має підвал, в якому знаходиться тир та гардероб. Більшість вікон дерев'яні з подвійним склінням. Близько половини вікон замінені на металопластикові з двокамерним склопакетом.

Вхідні двері закладу – металопластикові, тамбур та теплова завіса відсутні. Розрахунок спожитих енергоресурси здійснюється за показами існуючих вузлів обліку тепло- та електроенергії і холодної води.

Освітлення будівлі, в основному, забезпечується люмінесцентними світильниками, що мають потужність 18 та 36 Вт, світильниками з енергозберігаючими лампами та лампами розжарювання (рис. 1.4 ).



Рисунок 1.4 – Приклади освітлювального обладнання школи №67

Вентиляція приміщень забезпечується природним шляхом (відкривання вікон, проникнення повітря через щілини). Система опалювання однотрубна, з верхнім розведенням теплоносія по стоякам. Опалювальні прилади чавунні. Більш ніж 95% опалювальних приладів мають рефлектори.

## 1.2 Детальні відомості про об'єкт дослідження

Детальні відомості про СЗШ №67 наведені в табл. 1.1 – 1.7.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація щодо огорожувальних конструкцій

Загальна площа підлоги, м <sup>2</sup>	6 411	Кондиційована зона, м <sup>2</sup>	5 256
Загальний об'єм, м <sup>3</sup>	26 420	Кондиційований об'єм, м <sup>3</sup>	22 211
		Чиста висота одного приміщення, м	3

Таблиця 1.2 – Склад зовнішніх стін СЗШ №67

Конструкція стіни W1	Цегла керамічна порожниста на цементно-піщаному розчині $\delta=0,69$ м	Теплоізоляція	відсутня
Конструкція стіни W2	Цегла керамічна порожниста на цементно-піщаному розчині $\delta=0,54$ м	Теплоізоляція	відсутня

Таблиця 1.3 – Площа зовнішніх стін СЗШ №67

Орієнтація	ПдС	ПнС	ПдЗ	ПнЗ
Площа стіни (м <sup>2</sup> )	890,54	146,3	139,5	956,16
Конструкція стіни (W1,..)	W1	W1	W1	W1
Площа стіни (м <sup>2</sup> )	252,7	198,8	195,3	284,1
Конструкція стіни (W1,..)	W2	W2	W2	W2
Загальна площа (м <sup>2</sup> )	3 063			

Таблиця 1.4 – Характеристики світлопрозорих конструкцій СЗШ №67

	Площа одного	Тип матеріалу	Кількість				Тип закл.
			Пд-Сх	Пн-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх	
Площа вікон (м <sup>2</sup> )	2,66	Д	22			46	2зас
		МП	19			34	3зас
	3,68	Д		4	12		2зас
		МП		12	7		3зас
	9,62	Д	12				2зас
		МП	14				3зас
	14,49	С	5			5	-
	14,05	Д				1,5	2зас
		МП	1				3зас
	3,08	Д	1				2зас
	14,25	Д				2,5	2зас
	3,61	Д				2	2зас
	13,32	МП		2	2		3зас
	11,5	МП		2	2		
	15,81	С				3	-
	16,25	С				1	-
Загальна площа, м <sup>2</sup>			1089,7				
Тип матеріалу			Д-дерево, МП-металопластик, С-склоблок				
Тип застосування			2-Зас –подвійне та потрійне застосування				

Таблиця 1.5 – Площа дверей СЗШ №67

Орієнтація	Площа одного, м <sup>2</sup>	Кількість, шт	Тип матеріалу	Тип застосування
ПнСх	3,96	2	МП*	3зас**
ПдЗ	3,96	2	МП*	3зас**
ПнЗ	1,8	1	Д*	-
ПнСх	1,8	1	З*	-
ПдСх	1,8	2	Д*	-
Загальна площа, м <sup>2</sup>	23,04			

\*Тип матеріалу: Д – дерево, МП – металопластик, З-залізо

\*\*Тип застосування: 2зас –подвійне застосування, 3зас –потрійне застосування

Таблиця 1.6 – Склад даху СЗШ №67

Тип	Дах/стіна/стеля	
I	Залізобетонна плита $\delta=0,22\text{м}$ , цементно-піщана стяжка (цпс) $\delta=0,025\text{м}$ , руберойд $\delta=0,007\text{м}$	Теплоізоляція відсутня
II	Залізобетонна плита $\delta=0,22\text{м}$ , шар керамзиту $\delta=0,15\text{м}$ , цпс $\delta=0,025\text{м}$ .	

Таблиця 1.7 – Площа даху СЗШ №67

ОК	Площа, $\text{м}^2$	Товщина, м	Тип
Плита даху	1049	0,395	К4
Плита даху	1166,3	0,252	К1
Всього, $\text{м}^2$	2 215,3		

Опалення та гаряче водопостачання (ГВП) відбуваються централізовано. В школі розміщено 225 чавунних радіаторів. Термостатичні крани відсутні. Система теплопостачання розбалансована. Труба, по якій відбувається розведення теплоносія по стояках, потребує заміни. Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований за 44 метри від будівлі школи. Труби утеплені. ІТП знаходиться в справному робочому стані, всі системи функціонують. Також ІТП обладнаний системою автоматичного регулювання подачі теплоносія.

Вентиляція приміщень здійснюється природним шляхом, в кухні встановлена витяжна система вентиляції з механічним спонуканням.

Наявне електрообладнання наведено в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Характеристики наявного електроустаткування

Найменування	Встановлена потужність, (кВт)	Кількість	Всього, (кВт)	Тип управл./ коментарі
Насоси, опалення	440	1	0,44	Автоматичне
Насоси, ГВП	200	1	0,2	Автоматичне
Лампи люмініс.	18	1050	18,9	Ручне
Лампи люмініс	36	335	12,06	Ручне

Продовження таблиці 1.7

Енергозберігаючі	15	392	5,88	Ручне
Лампи розжарюв.	100	12	1,2	Ручне
Лампи розжарюв.	60	30	1,8	Ручне
Комп'ютер	30	400	12	-
Принтер	5	300	1,5	-
Ноутбук	5	65	0,325	-
Відеопроєктор	15	270	4,05	-
Телевізор	20	200	4	-
Холодильник	850	3	2,55	-
Плита електрична	15800	2	31,6	-
Електричний котел	18900	1	18,9	Автоматичне
Картоплечистка	750	1	0,75	-
Жарочна шафа	7600	1	7,6	-
Холодильна шафа	420	1	0,42	-
Електрична м'ясорубка	2000	1	2	-
Електрична сковорода	15000	1	15	-

### 1.3 Аналіз фактичного енергоспоживання

Об'єктом споживаються такі енергоносії: електрична енергія, теплова енергія та холодна вода. Динаміку споживання енергоресурсів за останні роки наведено на рис. 1.5 - 1.7. Чисельні значення натуральних величин та грошей наведені в додатку А.

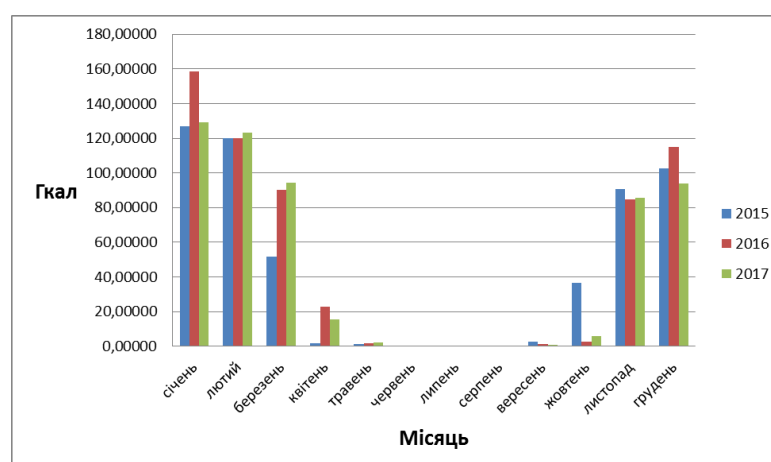


Рисунок 1.5 – Споживання теплової енергії за 2015-2017 р.р.



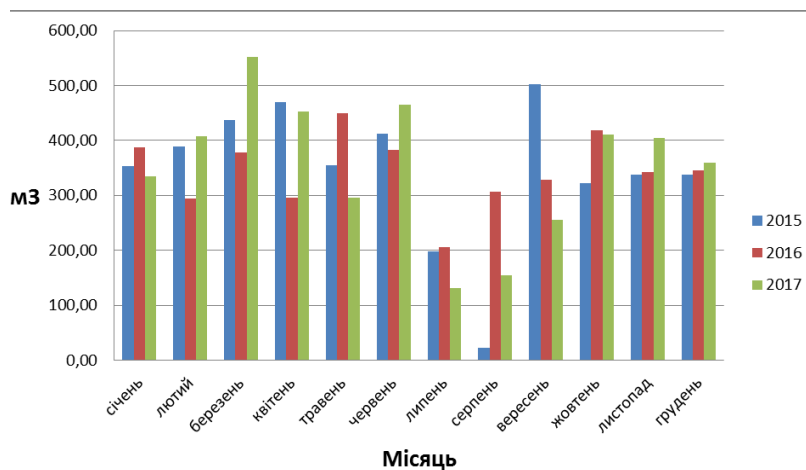


Рисунок 1.6 – Споживання холодної води за 2015-2017 р.р.

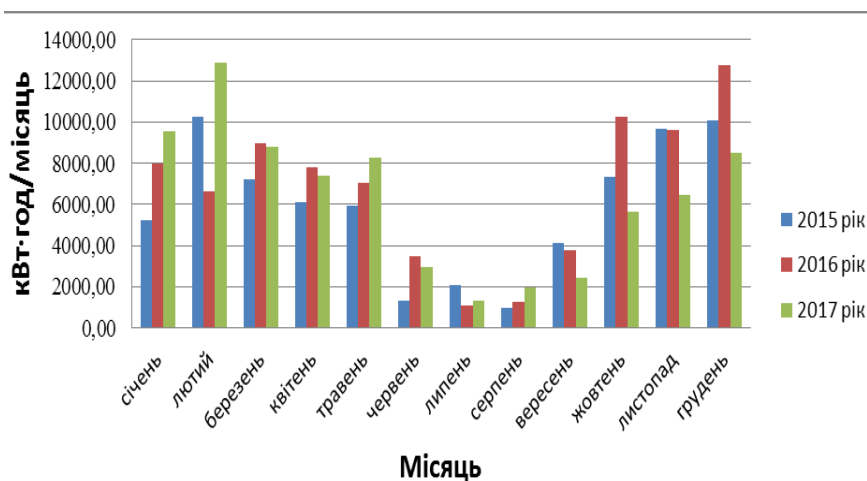


Рисунок 1.7 – Споживання електроенергії СЗШ №67 за 2015-2017 р.р.

Аналіз динаміки споживання енергоносіїв наглядно встановлює, що використання енергетичних ресурсів подібне щороку. В зимній період збільшується обсяг споживання теплової та електричної енергії, що зумовлено роботою централізованого опалення, та використанням додаткових приладів обігріву. На рис. 1.8 зображено баланс грошових сплат за спожиті енергоресурси.

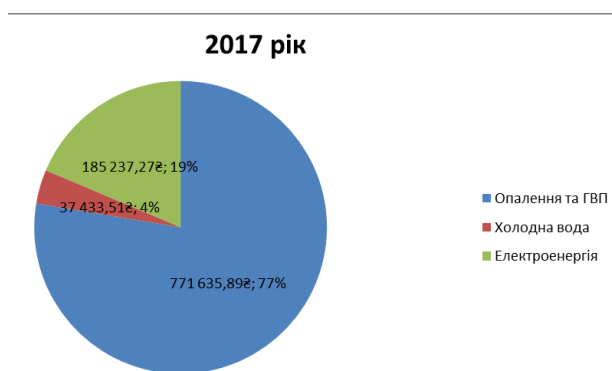


Рисунок 1.8 – Розподіл грошей на оплату енергоресурсів за 2017 р

## 2 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок потужності системи опалення

Аналіз теплотехнічного стану будівлі потрібен для визначення фактичних параметрів системи опалення, вентиляції, кондиціонування, потенціалу енергозбереження тощо. Оцінка параметрів включає в себе розрахунок втрат теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції та потребу вентиляції. Також, при теплотехнічному розрахунку, враховуються додаткові надходження теплоти, такі як: сонячна радіація, теплові надходження від людей та побутових приладів. Обов'язково враховуються теплоізоляційні властивості будівельних матеріалів, з яких збудовано будівлю, орієнтація огороджувальних конструкцій за сторонами світу тощо.

При обрахунках використовуються значення фактичних геометричних розмірів будівлі, виміряних власноруч. Теплофізичні характеристики матеріалів прийняті у відповідності з теплофізичними довідниками та нормативними актами.

#### 2.1.1 Розрахунок втрат теплоти через огороджувальні конструкції

Втрати теплоти, кВт, через огороджувальні конструкції будівлі, згідно [1] визначаються за формулою:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n, \quad (2.1)$$

де  $F$  – площа огороджувальних конструкцій,  $\text{м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$t_{\text{вн.}}$  – температура всередині приміщення,  $t_{\text{вн.}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{р.о.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,

$t_{\text{р.о.}} = -22 \text{ } ^\circ\text{C}$  для I-ої температурної зони, в якій знаходиться м. Київ;

$\Sigma\beta$  – сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат;

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур.

Числові значення розрахункових температур та коефіцієнтів обрані відповідно до [1] та [2.] Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції знаходиться за формулою:

$$K_{ок} = \frac{1}{R_{ок}}, \quad (2.2)$$

де  $R_{ок}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ ;

В свою чергу, опір теплопередачі  $R_{ок}$  огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{ок} = \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}}, \quad (2.3)$$

де  $\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару,  $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ ;

$\delta_i$  - товщина відповідного шару, м;

$\alpha_{вн}$  - коефіцієнт тепловіддачі від ОК до внутрішнього середовища будівлі;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі від ОК зовнішньому середовищу,.

### **Обстеження зовнішніх стін.**

Відповідно до (2.3), формула визначення опору теплопередачі,  $(м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ , для зовнішньої стіни матиме вигляд:

$$R_{з.ст.і} = \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \frac{\delta_{шт.і}}{\lambda_{шт.}} + \frac{\delta_{ц.і}}{\lambda_{ц}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де  $\alpha_{вн.}$  – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі,

$\alpha_{вн.} = 8,7 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\delta_{ц.і}$  – товщина шару цегли,  $\delta_{ц.1} = 0,65$  м;  $\delta_{ц.2} = 0,52$  м;

$\lambda_{ц.}$  – коефіцієнт теплопровідності цегли,  $\lambda_{ц.} = 0,64$  Вт/(м·°C);

$\delta_{шт.i}$  – товщина шару штукатурки,  $\delta_{шт.1} = \delta_{шт.2} = 0,035$  м;

$\lambda_{шт.}$  – коефіцієнт теплопровідності штукатурки,  $\lambda_{шт.} = 1,2$  Вт/(м·°C);

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі,  
 $\alpha_3 = 23$  Вт/(м²·°C).

Числові значення теплофізичних показників обрані відповідно до [3].

Підставимо відповідні числові значення у формулу (2.2):

$$R_{з.ст.1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{0,65}{0,64} + \frac{1}{23} = 1,2032 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

$$R_{з.ст.2} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{0,52}{0,64} + \frac{1}{23} = 1,0001 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Мінімальне значення опору теплопередачі для зовнішніх стін першої температурної зони, відповідно до [3] складає:

$$R_{\min з.с} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору теплопередачі зовнішніх стін не відповідає чинним вимогам.

Згідно (2.2) коефіцієнт теплопередачі стін, Вт/(м²·°C), становитиме:

$$K_{з.ст.1} = \frac{1}{1,2032} = 0,8311 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}},$$

$$K_{з.ст.2} = \frac{1}{1,0001} = 0,9999 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Результати розрахунків втрат теплоти через зовнішні стіни занесемо до табл. 2.3.

### **Обстеження світлопрозорих конструкцій.**

На момент енергетичного обстеження загальноосвітнього закладу, у будівлі були встановлені вікна з подвійним заскленням у сполучених дерев'яних переплетах, металопластикові двокамерні склопакети та скляні пустотілі блоки з шириною швів 6 мм.

Опір теплопередачі кожного типу світлопрозорих конструкцій згідно [3] становить:

- дерев'яні вікна  $R_{в.д} = 0,38 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}};$
- металопластикові вікна  $R_{в.м.п} = 0,53 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}};$
- скляні блоки  $R_{в.с} = 0,181 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$

Мінімальне значення опору теплопередачі для світлопрозорих конструкцій першої температурної зони, відповідно до [3] складає:

$$R_{\min \text{ вік.}} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій не відповідає чинним вимогам.

Згідно (2.2) знайдемо коефіцієнти теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , кожного типу світлопрозорих конструкцій:

$$K_{в.д} = \frac{1}{0,4} = 2,632 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}};$$

$$K_{в.м.п} = \frac{1}{0,53} = 1,887 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}};$$

$$K_{в.с} = \frac{1}{0,181} = 5,525 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}};$$

Результати розрахунків тепловтрат показані у табл. 2.3.

### **Обстеження даху.**

Будівля має різну будову даху в залежності від частини будівлі. Так, дах вестибюлю, їдальні, актової та спортивної зали розташовується безпосередньо над опалювальним приміщенням (І-ий тип). Щодо основного навчального корпусу будівлі, то там наявне неопалювальне горище (ІІ тип).

Розрахуємо дах I-го типу.

Відповідно до (2.3) формула визначення опору теплопередачі,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , даху I-го типу матиме вигляд:

$$R_{\text{дах.I}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.п.с.}}}{\lambda_{\text{ц.п.с.}}} + \frac{\delta_{\text{руб.}}}{\lambda_{\text{руб.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}},$$

де  $\delta_{\text{зб.}}$  – товщина залізобетонної плити,  $\delta_{\text{зб.}} = 0,22$  м;

$\lambda_{\text{зб.}}$  – коефіцієнт теплопровідності залізобетону,  $\lambda_{\text{зб.}} = 2,04$  Вт/(м·°C);

$\delta_{\text{ц.п.с.}}$  – товщина шару цементно-піщаної стяжки,  $\delta_{\text{ц.п.с.}} = 0,025$  м;

$\lambda_{\text{ц.п.с.}}$  – коефіцієнт теплопровідності цементно-піщаної стяжки,  
 $\lambda_{\text{ц.п.с.}} = 0,81$  Вт/(м·°C);

$\delta_{\text{руб.}}$  – товщина шару руберойду,  $\delta_{\text{руб.}} = 0,007$  м;

$\lambda_{\text{руб.}}$  – коефіцієнт теплопровідності руберойду,  $\lambda_{\text{руб.}} = 0,17$  Вт/(м·°C);

Підставимо відповідні числові значення у формулу:

$$R_{\text{дах.I}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,025}{0,81} + \frac{0,007}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,338 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , даху I-го типу визначаємо згідно (2.2):

$$K_{\text{дах.I}} = \frac{1}{0,338} = 2,956 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Аналогічно розраховується і дах II типу:

$$R_{\text{дах.II}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{кер.}}}{\lambda_{\text{кер.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.п.с.}}}{\lambda_{\text{ц.п.с.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}},$$

де  $\delta_{\text{зб.}}$ ,  $\lambda_{\text{зб.}}$ ,  $\delta_{\text{ц.п.с.}}$ ,  $\lambda_{\text{ц.п.с.}}$ , мають ті ж самі числові значення, що і характеристики для даху I-го типу;

$\delta_{\text{кер.}}$  – товщина шару керамзиту,  $\delta_{\text{кер.}} = 0,15$  м;

$\lambda_{\text{кер.}}$  – коефіцієнт теплопровідності керамзиту,  $\lambda_{\text{кер.}} = 0,14$  Вт/(м·°C);

Підставимо числові значення у (2.3) та отримаємо:

$$R_{\text{дах.ІІ}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,15}{0,14} + \frac{0,025}{0,81} + \frac{1}{12} = 1,408 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Мінімальне значення опору теплопередачі для даного типу перекриття першої температурної зони, відповідно до [3] складає:

$$R_{\text{min дах.}} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору теплопередачі даху не відповідає чинним вимогам. Згідно (2.2) визначимо коефіцієнт теплопередачі даху ІІ-го типу:

$$K_{\text{дах.ІІ}} = \frac{1}{1,408} = 0,71 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Результати розрахунків втрат теплоти через дах зведемо у табл. 2.3.

### Обстеження дверей.

Наявні двері корпусу:

- 1 залізна,  $R_{\text{дв.з.}} = 0,298 \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right) / \text{Вт}$ ,  $K_{\text{дв.з.}} = 3,349 \text{ Вт} / \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right)$ ;
- 3 дерев'яних,  $R_{\text{дв.д.}} = 0,24 \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right) / \text{Вт}$ ,  $K_{\text{дв.д.}} = 4,168 \text{ Вт} / \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right)$ ;
- 4 металопластикових,  $R_{\text{дв.мп.}} = 0,6 \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right) / \text{Вт}$ ,  $K_{\text{дв.мп.}} = 1,666 \text{ Вт} / \left( \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \right)$ .

Мінімальне значення опору теплопередачі для вхідних дверей першої температурної зони, відповідно до [3] складає:

$$R_{\text{min двері.}} = 0,44 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Опір теплопередачі тільки металопластикових дверей відповідає чинним вимогам нормативним вимогам.

Розрахунок тепловтрат через двері наведений в табл. 2.3.

### Обстеження підлоги.

Вся підлога СЗШ №67 поділяється на дві групи:

- підлога неутеплена на ґрунті (секція Б та В будівлі школи);
- підлога опалювального підвалу (секція А будівлі школи).

Розрахунок втрат теплоти через підлогу неутеплену на ґрунті виконується шляхом розподілу її загальної площі на зони шириною 2 м та довжиною відповідно до довжини підлоги. Щодо розрахунку опалювального підвалу, то відбувається розподілення площі на зони з врахуванням зовнішньої стіни, що розташована під ґрунтом [1]. Схема зон наведена на рис. 2.1 та 2.2.

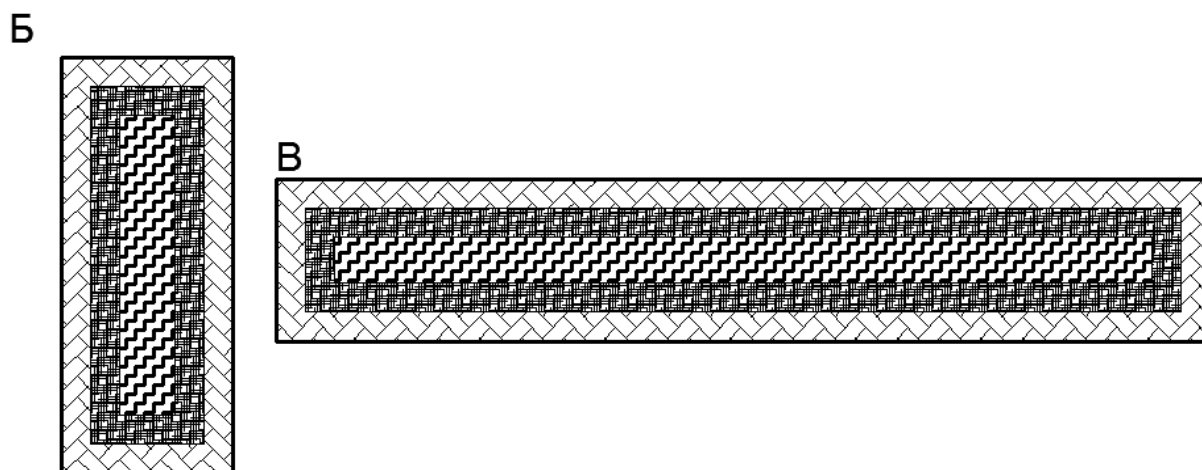


Рисунок 2.1 – Розділення площі підлоги секцій Б та В на зони

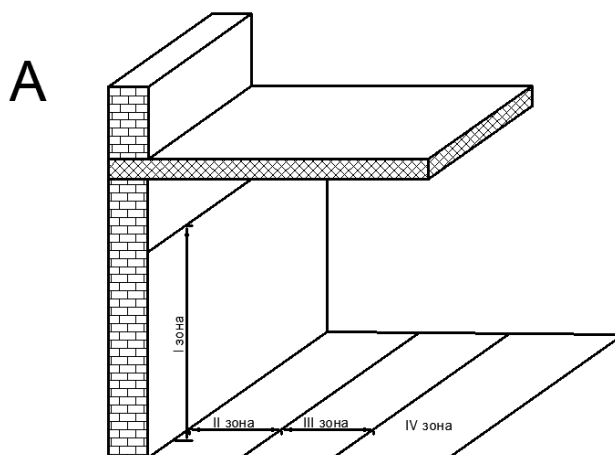


Рисунок 2.2 – Розділення площі підлоги на зони секції А

Узагальнені дані по площам та опорам теплопередачі відповідних зон наведені в табл. 2.1.



Таблиця 2.1 – Значення опору теплопередачі та площі зони

Зона	I	II	III	IV - площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	$R_{\text{н.п.}}^{\text{I}}$	$R_{\text{н.п.}}^{\text{II}}$	$R_{\text{н.п.}}^{\text{III}}$	$R_{\text{н.п.}}^{\text{IV}}$
	2,15	4,3	8,6	14,2
Площа зони будівлі А, $\text{м}^2$	381,6	384,4	352,4	388,8
Площа зони будівлі Б, $\text{м}^2$	159,4	114,4	62,55	-
Площа зони будівлі В, $\text{м}^2$	301,6	253,6	179,84	-

При розрахунку параметрів секцій Б та В, частина площі першої зони ( $2 \times 2 \text{ м}^2$ ), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі. Розрахуємо втрати теплоти з ділянки зовнішньої стіни підвалу, яка знаходиться над рівнем ґрунту. Висота ділянки 1 м. Враховуючи геометричні розміри секції А розрахуємо площу стін:

$$F_{\text{пд-сх}} = 1 \cdot 87,2 = 87,2 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{пд-зх}} = F_{\text{пн-сх}} = 1 \cdot 12,9 = 12,9 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{пн-зх}} = 1 \cdot 77,8 = 77,8 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни був розрахований в підрозділі «Обстеження зовнішніх стін» і становить  $K_{\text{з.ст.2}} = 0,9999 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ . Прийmemo  $t_{\text{вн}} = 18^\circ\text{C}$ .

Згідно (2.1) розрахуємо втрати та наведемо результати в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Втрати теплоти через стіну підвалу

ОК	Огорожа	Орієнтація ОК	Площа ОК, м <sup>2</sup>	$K_o,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta t,$ °C	$n$	1+Σβ	$Q_o,$ Вт
ЗС	Цегляні	ПдСх	87,2	0,8311	40	1	1,05	2891,63
		ПнСх	12,9			1	1,1	448,15
		ПдЗх	12,9			1	1	407,41
		ПнЗх	77,8			1	1,1	2702,77
							Σ	6450

Втрати теплоти крізь підлогу знайдемо за формулою:

$$Q_{\text{пл}} = \left( \frac{F_I}{R^I} + \frac{F_{II}}{R^{II}} + \frac{F_{III}}{R^{III}} + \frac{F_{IV}}{R^{IV}} \right) (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}). \quad (2.4)$$

Підставимо відповідні чисельні значення в (2.4) та отримаємо величину теплових втрат через підлогу кожної секції будівлі школи та загальні втрати через підлогу:

$$Q_{\text{пл.А}} = \left( \frac{381,6}{2,15} + \frac{384,4}{4,3} + \frac{352,4}{8,6} + \frac{388,8}{14,2} \right) \cdot (16 - (-22)) = 4104,7 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{пл.Б}} = \left( \frac{159,4}{2,15} + \frac{114,4}{4,3} + \frac{62,55}{8,6} \right) \cdot (18 - (-22)) = 4104,7 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{пл.Б}} = \left( \frac{301,6}{2,15} + \frac{253,6}{4,3} + \frac{179,84}{8,6} \right) \cdot (18 - (-22)) = 8366,4 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{пл.}\Sigma} = 12793,2 + 4104,7 + 8366,4 + 6450 = 31804,3 \text{ Вт}.$$

### Загальні втрати теплоти через огорожувальні конструкції.

Зведемо остаточні результати досліджень огорожувальних конструкцій СЗШ №67 до табл. 2.3 та визначимо значення повного теплового потоку.

Таблиця 2.3 – Загальні втрати теплоти через ОК СЗШ №67

ОК	Огорожа	Орієн тація ОК	Площа ОК, м <sup>2</sup>	$K_o,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta t,$ °C	$n$	1+Σβ	$Q_o,$ Вт
ЗС	Цегляні	ПдСх	890,54	0,8311	40	1	1,05	31085,37
		ПнСх	146,3			1	1,1	5349,96
		ПдЗх	139,5			1	1	4637,54
		ПнЗх	956,2			1	1,1	34966,70
ЗС	Цегляні	ПдСх	252,7	0,9999		1	1,05	10612,34
		ПнСх	198,8			1	1,1	8746,33
		ПдЗх	195,3			1	1	7811,22
		ПнЗх	284,1			1	1,1	12499,15

Продовження таблиці 2.3

В	Металопла с-тикові	ПдСх	199,3	1,887	40	1	1,05	15795,32
		ПнСх	93,8			1	1,1	7788,03
		ПдЗх	75,4			1	1	5691,19
		ПнЗх	90,44			1	1,1	7509,05
	Дерев'яні	ПдСх	178,1	2,632		1	1,05	19687,89
		ПнСх	14,72			1	1,1	1704,69
		ПдЗх	44,16			1	1	4649,16
		ПнЗх	186,28			1	1,1	21572,71
	Склоблоки	ПдСх	72,45	5,525		1	1,05	16812,02
		ПнЗх	136,13			1	1,1	33093,20
Д	Дерев'яні	ПдСх	3,6	4,168	1	1,05	630,20	
		ПнЗх	1,8		1	1,1	330,11	
	Залізні	ПнСх	1,8	3,349	1	1,1	265,24	
	Металопла с-тикові	ПнСх	7,92	1,666	1	1,1	580,57	
		ПдЗх	7,92		1	1	527,79	
	Дах	І тип	-	1166,3	2,956	1	1	137903,31
ІІ тип		-	1049	0,71	0,9	1	26812,44	
Підлога	-	-	-	-	-	-	31804,3	
							$\sum Q_{ок}$	448866

### 2.1.2 Додаткові втрати теплоти

Вентиляція будівлі відбувається природним шляхом через нещільності в огорожувальних конструкціях. Витрата теплоти, Вт, на підігрів зовнішнього повітря, що поступає в приміщення, згідно з санітарними нормами, обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{вент.}}^{\text{CH}} = 0,337 \cdot V \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{p.o.}}), \quad (2.5)$$

де  $V$  – вентиляований об'єм будівлі,  $V = 22211 \text{ м}^3$ .

Підставимо числові значення в (2.5):

$$Q_{\text{вент.}}^{\text{CH}} = 0,337 \cdot 22211 \cdot (18 - (-22)) = 299404 \text{ Вт.}$$

### 2.1.3 Додаткові теплові надходження

#### Теплові надходження від людей.

Врахуємо теплові надходження від людей.

Одночасно в будівлі знаходиться приблизно 609 чоловік. Відповідно до [4] приймемо, що теплові виділення при сидячій роботі становлять – 70 Вт/особа, а при стоячій легкій роботі – 93 Вт/особа. Отже, визначимо сумарні теплові надходження від людей:

$$Q_{\text{дод}}^{\text{люди}} = 550 \cdot 70 + 59 \cdot 93 = 48510 \text{ Вт}$$

#### Теплові надходження від сонячної радіації.

При теплотехнічному аналізі будівель значна величина додаткових надходжень теплоти припадає на сонячну радіацію. Ця теплота поступає до будівлі через світлопрозорі конструкції.

Розрахуємо кількість цієї теплоти, Вт, за формулою:

$$Q_{\text{с.р.}} = \zeta_{\text{в.}} \cdot \varepsilon_{\text{в.}} (F_{\text{Пн-Сх}} I_{\text{Пн-Сх}} + F_{\text{Пд-Сх}} I_{\text{Пд-Сх}} + F_{\text{Пд-Зх}} I_{\text{Пд-Зх}} + F_{\text{Пн-Зх}} I_{\text{Пн-Зх}}) + \zeta_{\text{з.л.}} \varepsilon_{\text{з.л.}} F_{\text{з.л.}} I_{\text{г.}}, \quad (2.6)$$

де  $\zeta_{\text{в.}}, \zeta_{\text{з.л.}}$  – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, згідно [3],

$$\zeta_{\text{в.}} = 0,75, \zeta_{\text{з.л.}} = 0,6;$$

де  $\varepsilon_{\text{в.}}, \varepsilon_{\text{з.л.}}$  – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації відповідно для світлопропускаючих заповнень вікон і zenітних ліхтарів,  
 $\varepsilon_{\text{в.}} = 0,65, \varepsilon_{\text{з.л.}} = 0,63;$

$F_{\text{Пн-Сх}}, F_{\text{Пд-Зх}}, F_{\text{Пд-Сх}}, F_{\text{Пн-Зх}}$  – площа світлових прорізів фасадів будівлі, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу:

$$F_{\text{Пн-Сх}} = 108,52 \text{ м}^2, F_{\text{Пд-Зх}} = 119,56 \text{ м}^2, F_{\text{Пд-Сх}} = 376,31 \text{ м}^2, F_{\text{Пн-Зх}} = 276,72 \text{ м}^2.$$

$I_{\text{Пн-Сх}}, I_{\text{Пд-Зх}}, I_{\text{Пд-Сх}}, I_{\text{Пн-Зх}}$  – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що поступає на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма сторонами фасаду будинку.

В будівлі загальноосвітнього закладу зенітні ліхтарі не передбачені. Розрахунок вестимемо з врахуванням найгірших показників величини сонячної радіації, для Києва: грудень відповідно до [5].

Показники становитимуть:  $I_{\text{Пн-Сх}} = 0,009 \text{ кВт/м}^2$ ;  $I_{\text{Пд-Зх}} = 0,028 \text{ кВт/м}^2$ ;

$I_{\text{Пд-Сх}} = 0,027 \text{ кВт/м}^2$ ;  $I_{\text{Пн-Зх}} = 0,009 \text{ кВт/м}^2$ .

Підставимо відповідні значення у (2.6) та отримаємо:

$$Q_{\text{с.р.}} = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (108,52 \cdot 0,009 + 119,56 \cdot 0,028 + 376,31 \cdot 0,027 + 276,72 \cdot 0,009) \cdot 10^3 = 8275 \text{ Вт.}$$

### **Теплові надходження від електрообладнання.**

Джерелом додаткових надходжень теплоти також є працююче електричне обладнання. Згідно [1] величина теплових надходжень від електроустаткування, Вт, визначатиметься за формулою:

$$Q_{\text{ел.}} = N \cdot P_{\text{одн.}} \cdot k_{\text{в.}} \cdot k_{\text{т.}}, \quad (2.7)$$

де  $N$  – кількість електричних приладів з однаковою потужністю, шт;

$P_{\text{одн.}}$  – встановлена потужність одного приладу, Вт;

$k_{\text{в.}}$  – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_{\text{т.}}$  – коефіцієнт, який показує яка частина електроенергії переходить в теплоту.

Розрахуємо теплові надходження для одного виду електричного обладнання (лампа розраження потужністю 30 Вт).

Згідно (2.7) маємо:

$$Q_{\text{ел. лр}} = 60 \cdot 30 \cdot 0,5 \cdot 1 = 900 \text{ Вт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для іншого електроустаткування.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Теплові надходження від електричного обладнання

Електричне обладнання			$N$ , шт.	$P_{\text{одн.}}$ , Вт	$k_{\text{в.}}$	$k_{\text{т.}}$	$Q_{\text{ел.}}$ , Вт
Лампи	Розжарення		60	30	0,5	1	900
			12	100	0,5	1	600
	Люмінісцентні		1050	18	0,4	0,9	6804
			335	36	0,4	0,9	4341,6
	Енергозберігаючі		392	15	0,4	0,4	940,8
Комп'ютерне обладнання	ПК	Стаціонарний	30	400	0,3	360	600
		Ноутбук	5	65	0,3	19,5	45,5
	Проектор		15	270	0,3	0,3	364,5
	Принтер		5	300	0,3	0,2	90
	Телевізор		20	200	0,2	0,4	320
Побутове обладнання	Холодильник		3	850	0,6	0,9	1377
	Плита електрична		2	15800	0,6	0,9	17064
	Електричний котел		1	18900	0,6	0,6	6804
	Картоплечистка		1	750	0,4	0,2	60
	Жарочна шафа		1	7600	0,6	0,9	4104
	Холодильна шафа		1	420	0,7	0,4	117,6
	Електрична м'ясорубка		1	2000	0,4	0,2	160
	Електрична сковорода		1	15000	0,6	0,9	8100
					$Q_{\text{ел.}\Sigma} = 52527$		

### 2.1.4 Розрахункова потужність системи опалення

Визначимо розрахункову потужність системи опалення з урахуванням всіх теплових втрат та надходжень за формулою:

$$Q_{\text{розрах.}} = Q_{\text{тв}} - Q_{\text{тн}} = Q_{\Sigma\text{ОК}} + Q_{\text{вент.}}^{\text{сн}} - (Q_{\text{доп.}}^{\text{люд.}} + Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{ел.}}), \quad (2.8)$$

де  $Q_{\Sigma\text{ОК}}$  – теплові втрати через огорожувальні конструкції,  
 $Q_{\Sigma\text{ОК}} = 448866 \text{ Вт}$ ;

$Q_{\text{вент.}}^{\text{сн}}$  – теплові втрати на вентиляцію,  $Q_{\text{вент.}}^{\text{сн}} = 299404 \text{ Вт}$ ;

$Q_{\text{л.}}$  – теплові надходження від людей,  $Q_{\text{л.}} = 48510 \text{ Вт}$ ;

$Q_{\text{с.р.}}$  – теплові надходження від сонячної радіації,  $Q_{\text{с.р.}} = 8275$  Вт ;

$Q_{\text{ел.}}$  – теплові надходження від електрообладнання,  $Q_{\text{ел.}} = 52527$  Вт ;

Підставимо відповідні числові значення у (2.8):

$$\begin{aligned} Q_{\text{розр.}} &= 448866 + 299404 - (48510 + 8275 + 52527) = \\ &= 640000 \text{ Вт} = 640 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

## 2.2 Облік споживання теплової енергії

У ІТП розташований лічильник теплової енергії виробництва фірми «Aswega» модель SA-94/2М (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд лічильника теплової енергії СЗШ №67

Теплолічильники мікропроцесорні SA-94/2М призначені для використання при вимірюванні, реєстрації та регулюванні теплових параметрів в закритих і відкритих системах теплопостачання з установкою двох датчиків витрати.

Прилад обліку автоматично здійснює самодіагностику та автокалібрування. Також лічильник фіксує порушення роботи системи теплопостачання та збої власних вузлів, а також час відключення живлення приладу від мережі, що перешкоджає несанкціонованому втручанню в процес обліку теплової енергії. Часові значення параметрів системи теплопостачання фіксуються кожен день останнього року роботи приладу. Лічильник теплоти має вихід стандартного інтерфейсу RS232 і/або RS422/RS485.

Технічні характеристики наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики приладу обліку теплової енергії  
Aswega SA-94/2M

Параметр	Характеристика
Клас точності	В або С по ГОСТ Р 51649-2000
Ряд діаметрів умовного проходу, мм	10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400
Діапазон швидкостей потоку, що вимірюються, м/с	Від 0,016 до 10,00
Кількість піддіапазонів скоростей (для одного $D_y$ )	11
Динамічний діапазон виміру витрати	25
Діапазон температур теплоносія в прямому трубопроводі, °C	від 20 до 150
Діапазон температур теплоносія в зворотньому трубопроводі, °C	від 5 до 140
Діапазон різниці температур теплоносія в прямому та зворотньому трубопроводах, °C	від 3 до 145
Діапазон вхідних та вихідних електричних сигналів постійного струму, мА	0 - 5; 0 - 20; 4 - 20
Діапазон вихідних електричних частотних сигналів, Гц	0 - 2000
Напруга живлення змінного струму, В	220 +10%; - 15%
Споживана потужність, ВА, не більше	15

### 2.3 Аналіз динаміки зміни тарифу на спожиту теплову енергію

За спожиту теплову енергію загальноосвітній заклад розплачується згідно фактичних показів лічильника. Школа відноситься до споживчої категорії: «бюджетні установи». Величина тарифу встановлюється відповідною постановою НКРЕКП. В розділі 1 наведена динаміка споживання теплової енергії за 3 останні роки. В додатку А наведені грошові значення тарифу впродовж 2015-2017 р.р. На рис. 2.4 наведено динаміку зміни тарифу.





Рисунок 2.4 – Динаміка зміни тарифу на теплову енергію за період 2015 – 2017 р.р.

## 2.4 Система водопостачання

В будівлі загальноосвітнього закладу наявне холодне та гаряче водопостачання і, звичайно, побутова каналізація. Подача води централізована. На ГВП встановлений пластинчастий теплообмінник.

Пожежні крани розміщені на сходових клітинах, біля деяких входів до класу. Встановлюються в пожежних нішах на висоті 1.35 м над рівнем підлоги.

Мережа внутрішньої каналізації запроектована з чавунних каналізаційних труб діаметром 100-50 мм та фасонних частин до них.

Точки забору води (крани, унітази) знаходяться в справному робочому стані, протікань немає.

Облік водопостачання здійснюється лічильникаом SENSUS WM 820, обладнаного модулем передачі імпульсів та даних виробництва тієї ж фірми. Імпульсний модуль може бути безпосередньо підключений до мережі M-Bus для автоматизованої передачі даних щодо споживання

За використану холодну воду школа розплачується за фактичними показниками лічильників.

В додатку А наведені грошові значення тарифу впродовж 2015-2017 р.р. На рис. 2.5 наведено динаміку зміни тарифу за останні три роки.

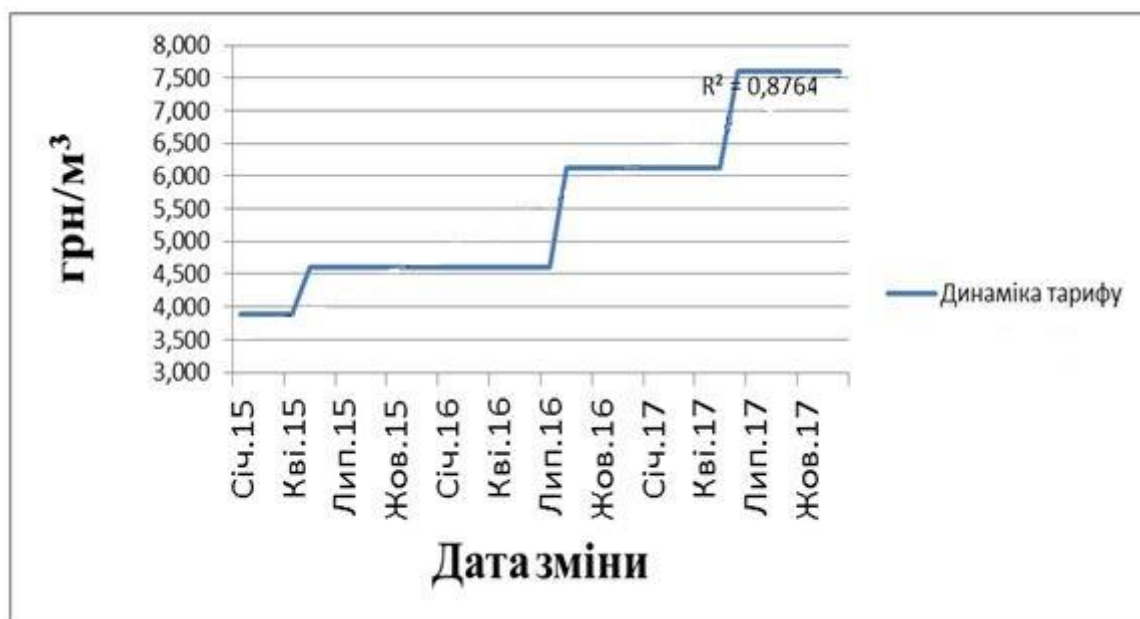


Рисунок 2.5 – Динаміка зміни тарифу на водопостачання за період 2015 – 2017 р.р

## 2.5 Заходи з енергозбереження в системі тепlopостачання

### 1. Заміна старих вікон на нові енергоефективні.

На момент енергетичного обстеження школи частина старих дерев'яних вікон вже замінена на нові енергоефективні двокамерні склопакети. Тому, пропонується замінити решту світлопрозорих конструкцій.

Для встановлення обираємо вікна виробництва компанії RENAУ моделі Euro-Design 70 з такими характеристиками:

- Конструктивна глибина- 70 мм;
- Кількість камер- 5 камер;
- Коефіцієнт теплопередачі  $K = 1,299 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;
- Коефіцієнт опору теплопередачі  $R = 0,77 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .

Економію теплоти, при заміні існуючих вікон на нові, кВт·год, знаходитимемо за формулою:

$$\Delta Q = (K_{\text{ст.в.і}} - K_{\text{н.в.}}) \cdot F_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{ср.о}}) \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.9)$$

де  $K_{\text{ст.в.і}}, K_{\text{н.в.}}$  – коефіцієнти теплопередачі старих та нових вікон

відповідно,  $K_{\text{ст. д}} = 2,632 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $K_{\text{ст. с}} = 5,525 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $K_{\text{н.в.}} = 1,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

$F_{\text{в.}}$  – площа вікон, що замінюються,  $F_{\text{д.1}} = 184,08 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{д.2}} = 66,12 \text{ м}^2$ ;

$F_{\text{д.3}} = 115,44 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{д.4}} = 21,1 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{д.5}} = 35,63 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{с.}} = 208,6 \text{ м}^2$ .

$t_{\text{ср.о}}$  – середня температура за опалювальний період в м. Києві,  $t_{\text{ср.о}} = -0,1^\circ\text{C}$  [2];

$n_0$  – тривалість опалювального періоду, для м. Києва  $n_0 = 176$  діб.

Таким чином, знайдемо економію теплоти при заміні дерев'яних вікон згідно (2.9):

$$\Delta Q_{\text{д1.-м/п}} = (2,632 - 1,299) \cdot 184,08 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 18760 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 16,16 \text{ Гкал};$$

$$\Delta Q_{\text{д2.-м/п}} = (2,632 - 1,299) \cdot 66,12 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 6738,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 5,8 \text{ Гкал};$$

$$\Delta Q_{\text{д3.-м/п}} = (2,632 - 1,299) \cdot 115,44 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 11764,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 10,01 \text{ Гкал};$$

$$\Delta Q_{\text{д4.-м/п}} = (2,632 - 1,299) \cdot 21,1 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 2150,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 1,85 \text{ Гкал};$$

$$\Delta Q_{\text{д5.-м/п}} = (2,632 - 1,299) \cdot 35,63 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 3631,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,13 \text{ Гкал}.$$

До складу світлопрозорих конструкцій школи відносяться великі за площею склоблоки, які також рекомендовано замінити. Це зменшить тепловтрати через огорожуючі конструкції та збільшить надходження сонячної радіації та покращить освітлюваність на сходових клітинах, що дасть змогу зменшити використання джерел штучного світла.

Економія теплоти при заміні склоблоків становитиме згідно (2.9):

$$\Delta Q_{\text{с.-м/п}} = (5,54 - 1,299) \cdot 208,6 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 67317,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 57,98 \text{ Гкал}.$$

Загальна економія тепла при заміні світлопрозорих конструкцій становитиме:

$$\Delta Q_{\Sigma} = 95,02 \text{ Гкал};$$

Розрахуємо економію в грошах за рік по формулі:

$$\Delta E = \Delta Q_{\Sigma} \cdot B, \quad (2.10)$$

де  $B$  – тариф на теплову енергію для бюджетних закладів актуальний на другий квартал 2018 року,  $B = 1383,54$  грн/Гкал з ПДВ [9].

Таким чином, згідно (2.10):

$$\Delta E = 95,02 \cdot 1383,54 = 131460 \text{ грн/ рік.}$$

Використовуючи віконний калькулятор [10] вартість одного вікна потрібної площі (враховуючи монтаж) складає 3200, 5300, 8600, 13800, 17000 грн відповідно. Загальна заміна склоблоків(з монтажем) становитиме 360000 грн. Додаткові витрати на оздоблення відкосів становитимуть 53000 грн.

Загальні капіталовкладення,  $K$ , необхідні для заміни всіх старих вікон включають ціну нових вікон та затрати на їх монтаж та оздоблення, складуть:

$$K = 68 \cdot 3200 + 19 \cdot 5300 + 12 \cdot 8600 + 1,5 \cdot 13800 + 11,5 \cdot 17000 + \\ + 360000 + 53000 = 1050700 \text{ грн.}$$

Простий строк окупності знайдемо за формулою:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K}{\Delta E}. \quad (2.11)$$

Підставимо відповідні числові значення у (2.11):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{1050700}{131460} = 8 \text{ років.}$$

Термін окупності для заміни вікон прийнятний, доцільно замінити.

## 2. Утеплення зовнішніх стін

Пропонується утеплити фасад будівлі. Проаналізувавши ринок будівельних матеріалів [11], в якості утеплювача фасаду будівлі використовуватимемо мінеральну вату Rockwoool "FASROCK LL(Фасадна) 1200x200x100мм/0,96 м.кв."

Теплофізичні характеристики, заявлені виробником, наступні: густина 135кг/м<sup>3</sup> і теплопровідність 0,039 Вт/(м К). Утеплювач оштукатурений цементно-піщаним розчином товщиною 2 см та пофарбований.

Проведемо розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленої зовнішньої стіни згідно (2.3):

$$R_{3,ст1.новс} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{0,65}{0,64} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{23} = 3,784 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

$$R_{3,ст2.новс} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{0,52}{0,64} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{23} = 3,581 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі згідно (2.2) становить:

$$K_{3,ст1. нов} = \frac{1}{3,784} = 0,2643 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}},$$

$$K_{3,ст2. нов} = \frac{1}{3,581} = 0,2793 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Як приклад, наведемо розрахунок економії теплової енергії для ЗС, що орієнтована на Пд-Сх та має площу 890,54 м<sup>2</sup>.

Згідно (2.9) маємо:

$$\Delta Q_{ЗС,1} = (0,8311 - 0,2643) \cdot 890,54 \cdot (21 - (-0,1)) \times \\ \times 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 38590,98 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Аналогічний розрахунок проводиться для всіх інших стін.

Результати зведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Річна економія теплоти після утеплення зовнішніх стін

ОК	Мате ріал	Орієнта ція ОК	Площ а ОК, м <sup>2</sup>	$K_{стар}$	$K_{нов}$	$\Delta K$	$\Delta t$ , °C	$n_0$ діб	$Q_{o.екон}$
				$Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$					кВт·год/рік
ЗС	Цегла	ПдСх	890,54	0,8311	0,2643	0,5668	8,1	176	38590,98
		ПнСх	146,3						6339,82
		ПдЗх	139,5						6045,14
		ПнЗх	956,2						41436,31
ЗС	Цегла	ПдСх	252,7	0,9999	0,2793	0,7260	8,1	176	13922,01
		ПнСх	198,8						10952,50
		ПдЗх	195,3						10759,67

ОК	Матеріал	Орієнтація ОК	Площа ОК, м²	$K_{\text{стар}}$	$K_{\text{нов}}$	$\Delta K$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$n_0$ діб	$Q_{\text{о.екон}}$
				$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$					кВт·год/рік
		ПнЗх	284,1						15651,93
$\sum Q_{\text{о.нове}} = 143700 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$									

Приведемо величину економії до розмірності, за якою відбувається оплата за спожиту теплоту, Гкал:

$$\Delta Q_{\text{о.}} = 143700 \cdot 0,8612 \cdot 10^{-3} = 123,8 \text{ Гкал / рік.}$$

Економію у грошовому еквіваленті знайдемо згідно (2.10):

$$\Delta E = 123,8 \cdot 1383,54 = 171283 \text{ грн / рік.},$$

Величина капіталовкладень визначатиметься за формулою:

$$K = \text{Ц} \cdot (F_1 + F_2) + F_{\Sigma} \cdot \text{М} + \text{Д}, \quad (2.11)$$

де  $F_1$  – площа товстих зовнішніх стін,  $F_1 = 2132,54 \text{ м}^2$ ;

$F_2$  – площа тонших зовнішніх стін,  $F_2 = 930,9 \text{ м}^2$ ;

Ц – ціна утеплювача разом з оздоблюваними матеріалами для утеплення мінватою. Проаналізувавши ринок будівельних матеріалів приймемо, що ціна матеріалу монтажу  $1 \text{ м}^2$  утеплювача складе  $\text{Ц} = 668,5 \text{ грн/м}^2$ . Кількість матеріалу та його вартість наведені в дод. 3.

М – вартість монтажу,  $\text{М} = 120 \text{ грн/м}^2$ .,

Д – додаткові затрати,  $\text{Д} = 20000 \text{ грн}$ ,

$$K = 668,5 \cdot (2132,54 + 930,9) + 3063 \cdot 120 + 20000 = 2435470 \text{ грн.}$$

Таким чином простий термін окупності згідно (2.11):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{2435470}{171283} = 14,2 \text{ роки.}$$

Термін окупності, що складає 14,2 роки є прийнятним. Так, як зовнішні стіни об'єкту взагалі нічим не утеплені, то даний захід з енергозбереження є обов'язковим до впровадження.

### 3. Заміна теплової ізоляції перекриття даху II-го типу

На момент енергетичного обстеження теплоізоляційний шар керамзиту знаходився в незадовільному стані та не відповідав вимогам по величині мінімального опору теплопередачі. Фактичне значення коефіцієнта теплопередачі перекриття  $K_{\text{дах. II}} = 0,71 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ . Площа перекриття, яку планується утеплити  $F_{\text{пер.}} = 1100 \text{ м}^2$ .

Пропонується покласти шар базальтової вати виробника ROCKWOOL типу SUPERROCK загальною товщиною 20 см. Згідно заявлених виробником характеристик теплоізоляція має густину  $\rho = 38 \text{ кг/м}^3$  та коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,035 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Проведемо розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленого даху згідно формули (2.2) та покажемо результат у табличній формі (табл. 2.7).

Схематичне зображення неопалювального горища наведено на рис. 2.6

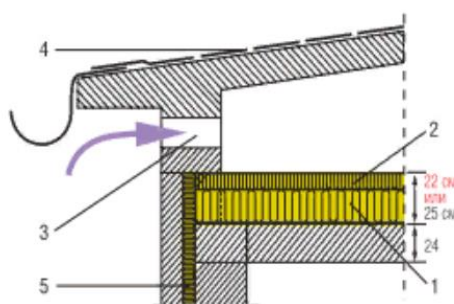


Рисунок 2.6 – Структура утеплення даху СЗШ №67

1, 2 – шар теплоізоляційного матеріалу; 3 – вентиляційний отвір;  
4 – гідроізоляція крівлі.

Таблиця 2.7 – Розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленого даху

ОК	Шар	$\delta$ , м	$\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$R_o$ , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	$K_o$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
Дах	Залізобетонні плити	0,22	2,04	6,051	0,165
	Утеплювач	0,2	0,035		
	Цементно піщана стяжка	0,12	0,4		

Економію теплоти при утепленні даху базальтовим утеплювачем визначатимемо за формулою (2.9):

$$\Delta Q_d = (0,71 - 0,165) \cdot 1100 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 0,9 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 36693 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 31,6 \text{ Гкал}$$

Визначимо грошову економію в результаті впровадження заходу згідно (2.10):

$$\Delta E = 31,6 \cdot 1383,54 = 43720 \text{ грн / рік.}$$

Проаналізувавши ринок будівельних матеріалів приймемо, що капіталовкладення в даний захід з енергозбереження розраховуватимуться за формулою:

$$K = F \cdot (\Pi_{\text{ут.}} + \Pi_{\text{цпс.}} + M) + D, \quad (2.12)$$

де  $F$  – площа даху, який утепляється,  $F = 1100 \text{ м}^2$ ;

$\Pi_{\text{ут.}}$  – вартість базальтових плит разом з супутніми матеріалами,

необхідними для прокладки утеплювача,  $\Pi_{\text{ут.}} = 410 \text{ грн/м}^2$ ;

$\Pi_{\text{цпс.}}$  – вартість матеріалів цементно-піщаної стяжки,  $\Pi_{\text{цпс.}} = 30 \text{ грн/м}^2$ ;

$M$  – вартість монтажу,  $M = 55 \text{ грн/м}^2$ ;

$D$  – додаткові затрати,  $D = 15000 \text{ грн.}$

Згідно (2.12):

$$K = 1100 \cdot (410 + 30 + 55) + 15000 = 559500 \text{ грн.}$$

Таким чином, простий термін окупності згідно (2.11):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{559500}{43720} = 12,8 \text{ років.}$$

Запропонований захід має тривалий термін окупності, але необхідний до впровадження, з точки зору дотримання нормативних мінімальних значень з тепловтрат.

Результати проведених техніко-економічних розрахунків для обґрунтування доцільності впровадження запропонованих заходів з підвищення ефективності використання теплової енергії зведені в табл. 2.8.



Таблиця 2.8 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження

№	Захід з енергозбереження	$\Delta Q$ , Гкал	$\Delta E$ , грн/рік	$T_{ок.}$ , роки
1	Заміна вікон на нові енергоефективні	95	131460	8
2	Утеплення зовнішніх стін	123,8	171283	14,2
3	Утеплення даху	31,6	43720	12,8

Варто зазначити, що має місце постійне зростання тарифів на теплову енергію протягом досить тривалого проміжку часу, що позитивно відображається на терміні окупності запропонованих заходів з енергозбереження через обернену залежність цих показників.

## 2.6 Розрахунок в програмі RETScreen

Кількісний розрахунок є більш популярним, проте, існує велика кількість програмного забезпечення, які дозволяють автоматично розраховувати необхідні заходи по енергозбереженню. Як приклад розглянемо програму RETScreen.

RETScreen - це програмне забезпечення, призначене для управління енергоефективністю, відновлюваною енергією та когенераційним проектом, а також для проведення поточного аналізу енергоефективності. RETScreen дає змогу швидко визначати, оцінювати та оптимізувати технічну та фінансову життєздатність потенційних проектів з екологічно чистої енергетики. Ця програмна платформа інтелектуального рішення також дозволяє легко вимірювати та перевіряти фактичну ефективність своїх об'єктів і допомагає знайти додаткові можливості для економії / виробництва.

Для проведення розрахунків в даній програмі необхідно володіти інформацією про місцезнаходження об'єкта досліджень, його фізичних розмірів та коефіцієнтів опору теплопередачі, а також даними щодо вентиляції, освітлення, електрообладнання, опалювальної системи і т.д.

Спершу ми вводимо інформацію про тип об'єкту та його розташування, обираємо тип проекту, тип аналізу та нормативну величину для опалення.

**Програма для аналізу проектів з виробництва чистої енергії**

**Інформація по прекуту** [Див. базу проектів](#)

Назва проекту

Місце розташування проекту

Підготовано для

Підготовано

Тип проекту

Тип об'єкту

Тип аналізу

Нормативна величина для опалення

Показати настройки ☐

**Вихідні умови місцезнаходження** [Оберіть кліматичну зону](#)

Розміщення кліматичних даних

Показати дані ☐


[Заповніть лист Енергетичної моделі](#)

RETSscreen4 2010-09-22 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2010.

Рисунок 2.7 – Інформація про проект

Далі ми вводимо дані щодо виду палива та його вартості, розклад роботи об'єкта та інформацію щодо температур. В базовому випадку у нас постійне опалення, а в запропонованому випадку обираємо переривчасте опалення.

**Енергетична модель RETScreen -Енергоэффективный проект**

**Паливо і графіки** [Показати дані](#)

Паливо	Вид палива 1	Вид палива 2	Вид палива 3	Вид палива 4	Вид палива 5	Вид палива 6
Вид палива	Електроенергія	Природний газ -				
Споживання палива - одиниці	МВт год	кВт год				
Вартість палива - одиниця	\$/кВт год	\$/кВт год				
Вартість палива	0.079	0.045				

Розклад	Одиниця	Розклад 1	Розклад 2	Розклад 3	Розклад 4	Розклад 5	Розклад 6
Опис		24/7	неповний				
Температура - опалення приміщень	°C	21.0	21.0	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий
Температура - кондиціювання приміщень	°C	25.0	25.0				
Температура - без людей	+/-°C		Незайнятий				
			3.0				
Коефіцієнт зайнятості - в день	год/день		Зайнятий				
Понеділок		24	10.0				
Вівторок		24	10.0				
Середа		24	10.0				
Четвер		24	10.0				
П'ятниця		24	10.0				
Субота		24	0.0				
Неділя		24	0.0				
Коефіцієнт зайнятості - в рік	год/рік	8 760	2 607				
	%	100%	30%				
Температура переключення опалення/охолодження	°C		11.0				
Тривалість опалювального сезону	д		177				
Тривалість сезону охолодження	д		168				

Рисунок 2.8 – Вибір палива та графіку роботи

Після заповнення загальної інформації, ми переходимо до заповнення даних про опалювальну систему, вентиляцію, освітлення, електро-обладнання, гарячу воду. Відобразимо всі ці дані на рисунках 2.9-2.13

RETScreen

**Опалювальна система**

1 2 3 4 5

**Опис**

	Базовий випадок	Запропонований випадок
Вид палива	Вид палива 2	Вид палива 2
Паливо	Природний газ - кВт·год	Природний газ - кВт·год
Сезона ефективність	% 95	95
Додаткові капітальні затрати	\$	0
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$	0

Рисунок 2.9 – Опалювальна система

RETScreen

**Вентиляція**

1 2 3 4 5

**Опис**

**Метод**

@ 1 C 2

	Базовий випадок	Запропонований випадок
Розклад	Розклад 1	Розклад 1
Опис	24/7	24/7
Потік	л/сек 4,600	4,600
Свіже повітря	% 100	100
Система промперегріву	Так	Так
Вибір системи	Опалення	Опалення
Управління вентилятором	Розклад	Розклад
Регулювання вентиляції	Розклад	Розклад
Витік в повітряній заслонці на вході	Щільний	Щільний
Ефективність утилізації тепла	% 0	60
Додаткові капітальні затрати	\$	45,932
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$	0
Кількість вентиляційних установок	1	1
Опалювальна система	Опалювальна система 1	Опалювальна система 1
Опис опалювальної системи		
Опалення	МВт·год 295	118 60.0%

Рисунок 2.10 – Вентиляція

RETScreen

**Освітлення**

1 2 3 4 5

**Опис**

**Метод**

@ 1 C 2

	Базовий випадок	Запропонований випадок
Площа підлоги	м² 6,411	
Освітлювальне навантаження на одиницю площі	Вт/м² 5	5
Робочі години	год/день 5	5
Додаткові капітальні затрати	\$	0
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$	0
Кількість одиниць	1	1
Електроенергія	МВт·год 59	59 0.0%

**Навантаження при охолодженні п**

☒ Так ☐ Ні

**Навантаження при опаленні прим**

☒ Так ☐ Ні

Рисунок 2.11 – Освітлення

[illegible]

Рисунок 2.12 – Электрообладнання

Гаряча вода

1

2

3

4

5

Опис

Метод

1

2

☐ Тип навантаження
 Використання гарячої води
 Температура
 Метод підведеної температури
 Температура води - мінімум
 Температура води - максимум
 Робочі години
 Ефективність утилізації тепла
 Додаткові капітальні затрати
 Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні
 Опалювальна система
 Опис опалювальної системи
 Опалення

Базовий випадок

л/день

200

°C

55

Заданий користувачем

°C

5

°C

15

год/день

10

%

\$

\$

Опалювальна система 1

МВт·год

2

Запропонований випадок

200

55

5

15

10

Опалювальна система 1

2

0,0%

Рисунок 2.13 – Гаряча вода

Також, необхідно ввести всі площі стін, вікон, дверей, підлоги та даху та їх коефіцієнти опору теплопередачі. Так як, не всі коефіцієнти опору відповідають нормам [3], необхідно в «Запропонований випадок» ввести коефіцієнти опору, які є відповідними до норм [3], так як, вартість цих заходів порахована в підрозділі «Заходи з енергозбереження», також необхідно вказати вартості, в які нам обійдеться реалізація наших пропозицій щодо підвищення рівня енергозбереження школи.

**Оболонка будівлі**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**Опис**

Піви́на сторона будівл. = 0 ☒ Базовий випадок = запропонованому

Розклад = Розклад 1 Розклад 2

Опис = 24/7 неповний

	Базовий випадок				Запропонований випадок				Додатковий капітальні затрати	
	Піви́н	Схід	Піддень	Захід	Піви́н	Схід	Піддень	Захід		
<b>Стіни</b>	<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Площа	m²	345.1	1,143.24	334.8	1,240.26	345.1	1,143.24	334.8	1,240.26	
Г-значення	m² · °C/Вт	1.2	1.01	1.01	1.2	3.6	3.6	3.6	3.6	\$ 83,982
<input checked="" type="checkbox"/> Вікно	<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Площа	%	108.52	448.76	119.56	417.85	108.52	448.76	119.56	417.85	
Г-значення	m² · °C/Вт	0.435	0.5	0.45	0.41	0.77	0.77	0.77	0.77	\$ 36,231
Коефіцієнт теплопотоку від сонячної радіації		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
<input checked="" type="checkbox"/> Сонячне затінювання - сезон використання	<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Сонячне затінювання - зима	%	9	8	7	8	9	8	7	8	
Сонячне затінювання - літо	%	8	9	19	10	8	9	19	10	
<input checked="" type="checkbox"/> Двері	<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Площа	m²	9.72	3.6	7.92	1.8	9.72	3.6	7.92	1.8	
Г-значення	m² · °C/Вт	0.49	0.24	0.6	0.6	0.49	0.24	0.6	0.6	\$
<input checked="" type="checkbox"/> Дах	<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Площа	m²	2,215.3				2,215.3				
Г-значення	m² · °C/Вт	0.973				6.05				\$ 19,293
<input checked="" type="checkbox"/> Підлога	<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому									
Площа	m²	2,215.3				2215.3				
Г-значення	m² · °C/Вт	7.3				7.3				\$
<input type="checkbox"/> Стіна - міжоч поверхній зе́ле́ні										

Рисунок 2.14 – Задання параметрів оболонки будівлі

РЕТScreen

Оболонка будівлі

1

2

3

4

5

Опис

Природна інфільтрація повітря	Базовий випадок	Запропонований випадок	Додаткові капітальні затрати
Метод	Швидкість повітрообміну		\$
Об'єм	н <sup>3</sup>	22,000	22,000
Швидкість повітрообміну	зміна	0.2	0.2
Природна інфільтрація повітря	л/сек	1222.2	1222.2
Додаткові капітальні затрати	\$		139,506
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$		0
Кількість одиниць оболонки будівлі	1	1	
Вибір системи	Опалення і охолодження	Опалення і охолодження	
Опалювальна система	Опалювальна система 1	Опалювальна система 1	
Опис опалювальної системи			
Опалення	МВт/год	861	378
Система охолодження		Система охолодження 1	Система охолодження 1
Опис системи охолодження			
Охолодження	МВт/год	3,375	3,145
			6.8%

Рисунок 2.15 – Природна інфільтрація повітря

Після введення всіх даних ми отримуємо інформацію щодо капітальних затрат, економії витрат на паливо та строк окупності всіх наших заходів.

Характеристики об'єкту		Показат дані						
Показати	Опалення	Охолодження	Електроенергія	Додаткові капітальні затрати	Економія витрат на паливо	Додаткова економія на експлуатації	Простий строк окупності	Включити вимірювання?
Зекономлене паливо	ГДж	ГДж	ГДж	\$	\$	\$	рок	<input type="checkbox"/>
Опалювальна система	0	-	-	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
Система охолодження								
Система буферу	1 830	0	-	139 506	22 874	0	6.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Вентиляція	668	0	-	45 932	8 354	0	5.5	<input checked="" type="checkbox"/>
Освітлення	-	-	0	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
Електрообладнання	-	-	0	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
Гаряча вода	0	-	-	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
Насоси								
Вент.								
ЕП								
Технологія електроенергії								
Технологія тепло								
Технологія газу								
Вироби пари								
Регулювання тепла								
Зниження витрат								
Оптимізація								
Всього	2 498	0	0	185 438	31 228	0	5.94	

Рисунок 2.16 – Характеристики об'єкту

Резюме		Показат дані							
		Паливо		Базовий випадок		Запропонований випадок		Економія витрат на паливо	
Вид палива	Споживання палива - одиниці	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Зекономлене паливо	Економія витрат на паливо	
Електроенергія	МВт-год	\$ 79 000	76.0	\$ 6 006	76.0	\$ 6 006	0.0	\$ -	
Природний газ	кВт-год	\$ 0.045	1 184 623.3	\$ 53 308	490 672.8	\$ 22 080	693 950.5	\$ 31 228	
Разом				\$ 59 314		\$ 28 086		\$ 31 228	
Перевірка проекту		Споживання палива - одиниці	Споживання палива - традиційне	Споживання палива - базовий випадок	Споживання палива - зміна				
Електроенергія	МВт-год		76.0	76.0	0%				
Природний газ	кВт-год		650 000.0	1 184 623.3	45%				
Енергія		Опалення ГДж	Охолодження ГДж	Електроенергія ГДж	Разом ГДж				
Споживання енергії - Базовий випадок		4 051	12 262	274	16 588				
Споживання енергії - Запропонований випадок		1 678	11 437	274	13 389				
Зекономлена енергія		2 373	825	0	3 199				
Зекономлена енергія - %		58.6%	6.7%	0.0%	19.3%				

Рисунок 2.17 – Резюме

За результатом проведених розрахунків а програмному продукті RetScreen ми можемо порівняти витрати при базовому споживанні палива та при традиційному.

Споживання електроенергії однакове в обох випадках, а споживання електроенергії відрізняється на 45%. Це пояснюється недосконалістю системи опалення, тобто не дотримання нормованої температури опалення.

## Висновки до розділу

Всі заходи, запропоновані в цьому розділі, направлені на підвищення енергоефективності школи. При цьому енергетично-паливні ресурси економляться і при постійній тенденції зростання вартості на них, являються ще більш ефективними, а також зменшують свій термін окупності.



### 3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Схема зовнішнього електропостачання об'єкта

Постачання електричної енергії від ТП – 1954 до загальноосвітньої школи №67 відбувається від відповідних секцій ТП за допомогою двох кабельних ліній АВВГ 3х120+1х70. Кабель прокладено в землі, відстань від ТП до школи - 115 м.

На підстанції розміщено два трансформатора ТМГ 0,4 Д/УН-11,У/УН-0, що резервують один одного. Схема електропостачання об'єкта відповідає вимогам чинних нормативних документів, які регламентують вимоги по забезпеченню надійності електропостачання. ТП знаходиться на балансі ДТЕК «Київські енергомережі». Загальноосвітній заклад належить до струмоприймачів II категорії [15].

Точка балансової належності електромереж знаходиться безпосередньо на вимикачах ГРЩ школи. Усі основні об'єкти схеми знаходяться в справному робочому стані. Схема зовнішнього електропостачання освітнього закладу зображена на рис. 3.1.

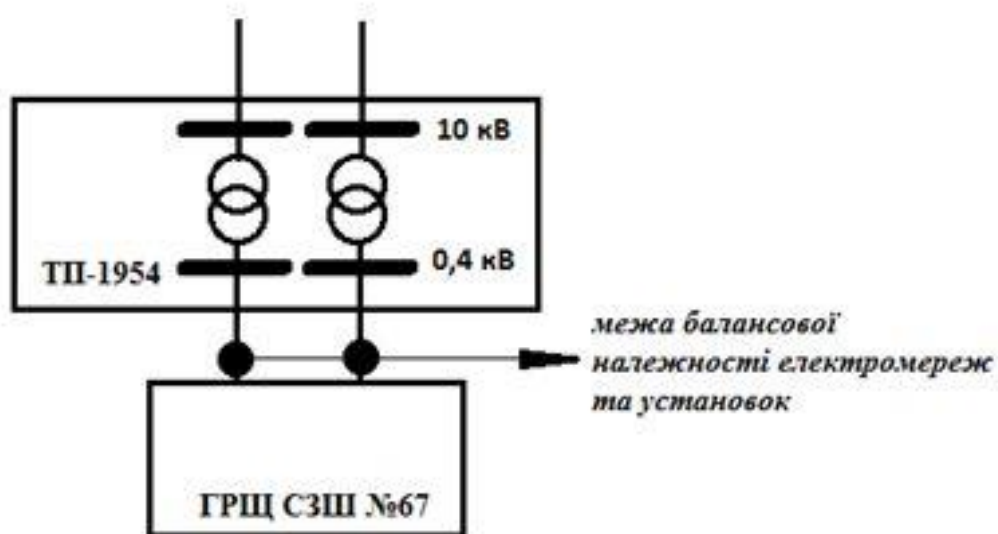


Рисунок 3.1 – Схема зовнішнього електропостачання СЗШ №67

### 3.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкта

Схема внутрішнього електропостачання складається з ГРЩ та розподільчих щитків, встановлених на поверхах будівлі. За структурою сформовані 3 групи:

1. щит освітлення школи, яким передбачене живлення всіх спортивних залів, актової зали, їдальні, вестибюлю та будівлі А;
2. щит кухні школи, яким передбачене живлення електричного котла, та всього устаткування кухні;
3. щит розеточної групи, яким передбачене живлення всього електроустаткування школи, витяжної вентиляції, устаткування тепlopункту та передбачені 2 резервні лінії для підключення додаткового навантаження.

### 3.3 Характеристика трансформаторної підстанції та її завантаження

ТП-1954 має два трансформатори, резервування яких відбувається на рівні 0,4 кВ.

Силовий трансформатор ТМГ - 630 кВА - це масляний понижуючий двохобмотковий трифазний трансформатор загального призначення напругою від 6 кВ до 35кВ. Виготовляється зі схемою і групою з'єднань У / У<sub>Н</sub>-0; Д / У<sub>Н</sub>-11; У / З<sub>Н</sub>-0.

Такий трансформатор оснащується високовольтними перемикачами, що приєднуються до обмотки високої напруги і дозволяють регулювати напругу ступенями при відключеному від мережі трансформаторі з боку НН і ВН. Технічні характеристики трансформатора наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ТМГ-630 кВА 10/04 кВ

Параметр	Характеристика
1	2
Маса, кг.	1772
Висока напруга, кВ.	10
Низька напруга, кВ.	0,4



Продовження таблиці 3.1

1	2
Номинальна повна потужність, кВА.	630
Втрати холостого ходу, Вт.	1000
Втрати короткого замикання, Вт.	6750
Напруга короткого замикання, %	5,5

Будівля підстанції перебуває в справному стані (рис. 3.2).

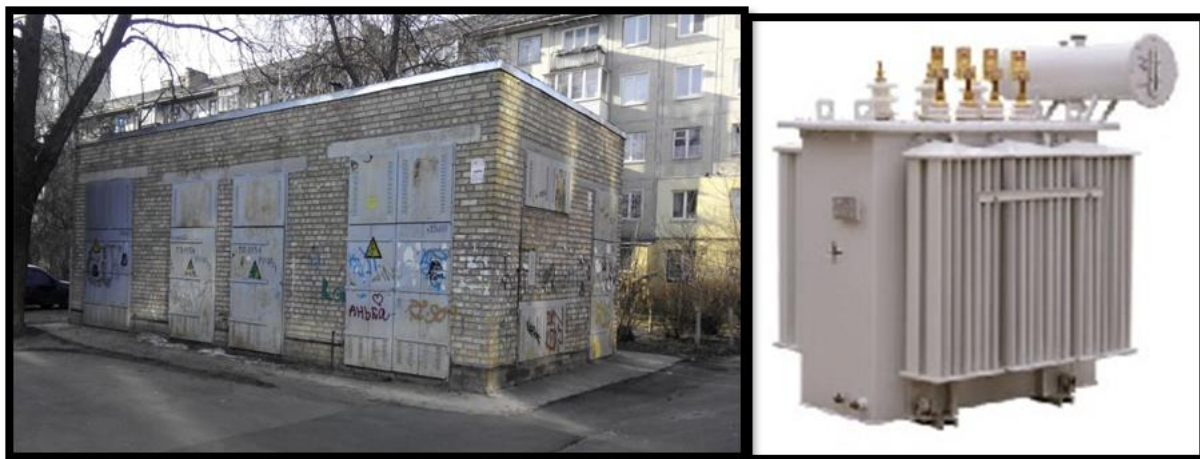


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд ТП-1954 та ТМГ- 630 кВА 10/04 кВ

### 3.4 Характеристика основних споживачів електроенергії на об'єкті

При енергетичному обстеженні розглядалися такі основні групи споживачів електричної енергії: освітлення, комп'ютерна техніка та побутові (кухонні) прилади. Всі споживачі мають номінальну напругу 220В, крім деякого кухонного обладнання. Енергетичні характеристики споживачів електроенергії наведені в табл. 3.2. - 3.4.

Таблиця 3.2 – Енергетичні характеристики вентиляторів і насосів

Вентилятори / Насоси	Встановлена потужність (кВт)	Період роботи (год/тиждень)	Тип управл./ Коментарі
Насоси, опалення	0,44	168	Автоматичне
Насоси, ГВП	0,2	168	Автоматичне
Всього, насоси	0,64		-

Таблиця 3.3 – Енергетичні характеристики системи освітлення

Освітлювальні прилади	Потужн. ламп (Вт)	К-сть ламп. (шт)	Всього (кВт)	Тип управління
Люмініс. лампи	18	1050	18,9	Ручне
Люмініс. лампи	36	335	12,06	Ручне
Енергозберігаючі	15	392	5,88	Ручне
Лампи розжарюв.	100	12	1,2	Ручне
Лампи розжарюв.	60	30	1,8	Ручне

Таблиця 3.4 – Енергетичні характеристики інших споживачів

Інше використовуване	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці (Вт)	Загальн. потужн. (кВт)	Період роботи (год/тижд.)
Компютер	30	400	12	30
Принтер	5	300	1,5	5
Ноутбук	5	65	0,325	25
Відеопроєктор	15	270	4,05	30
Телевізор	20	200	4	25
Кухня:				
Холодильник	3	850	2,55	168
Плита електрична	2	15800	31,6	25
Електричний котел	1	18900	18,9	15
Картоплечистка	1	750	0,75	5
Жарочна шафа	1	7600	7,6	10
Холодильна шафа	1	420	0,42	168
Електрична м'ясорубка	1	2000	2	10
Електрична піч	1	15000	15	10

Найбільш енергоємне обладнання встановлене на кухні. На період літніх канікул споживачі електроенергії в переважній більшості відключаються від мережі та не використовуються.

### 3.5 Розрахунок електричних навантажень об'єкта

Проведемо оцінку електричного навантаження школи шляхом порівняння розрахункового та фактичного значення цього показника [16].

Розглянемо нормальний режим електропостачання загальноосвітнього закладу. Відповідно до однолінійної схеми електропостачання школа отримує електричну енергію від двох КЛ.

Розрахуємо навантаження одного споживача електроенергії на прикладі холодильника. Аналогічний розрахунок проводиться для всіх інших споживачів. Результати розрахунку приведені в табл. 3.5.

Сумарна потужність споживача електричної енергії визначається за формулою:

$$\sum P_{\text{н.}\Sigma} = \sum P_{\text{н.}i} \cdot n, \quad (3.1)$$

де  $P_{\text{н.}i}$  – потужність одного електроприймача, кВт;

$n$  – кількість подібних електроприймачів.

Підставивши у формулу (3.1) відповідні числові значення, отримаємо:

$$\sum P_{\text{хол.н.}\Sigma} = 3 \cdot 0,85 = 2,55 \text{ кВт.}$$

Розрахункову активну та реактивну потужність, визначимо за формулами:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{н.}\Sigma} \cdot k_{\text{в}}, \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{р}} = P_{\text{пр.}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (3.3)$$

де  $k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання встановленої потужності, [16];

$\text{tg}\varphi$  – довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності. Відповідно до технічного паспорту,  $\text{tg}\varphi=0,75$ . Розрахункова активна та реактивна потужність холодильника згідно (3.2) та (3.3) становитиме:

$$P_{\text{хол.р}} = 2,55 \cdot 0,7 = 1,78 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{хол.р}} = 1,78 \cdot 0,75 = 1,33 \text{ квар.}$$

Повне навантаження холодильника розрахуємо за формулою:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}. \quad (3.4)$$

Підставивши у формулу (3.4) відповідні числові значення, отримаємо:

$$S_{\text{хол.р}} = \sqrt{1,78^2 + 1,33^2} = 2,22 \text{ кВА.}$$

Аналогічний розрахунок проводиться для кожного електроприймача.

Таблиця 3.5 – Розрахункове навантаження споживачів, що знаходяться у СЗШ №67

Найменування електроприймача	$n$ , шт.	$P_{ні}$ , кВт	$k_B$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар
Освітлення							
ЛР 60	30	0,06	0,5	1	0	0,9	0
ЛР 100	12	0,1	0,5 <sub>y</sub>	1	0	0,6	0
ЛР 100	12	0,1	0,5	1	0	0,6	0
ЛБ 18	1050	0,018	0,4	0,92	0,43	7,56	3,221
ЛБ 36	335	0,036	0,4	0,92	0,43	4,824	2,055
КЛС	392	0,015	0,4	0,92	0,43	2,352	1,002
Кухонне обладнання та щит розеточної групи							
Насос опалення	1	0,44	1	0,93	0,40	0,44	0,174
Насос ГВП	1	0,2	1	0,93	0,40	0,2	0,079
Холодильник	3	0,85	0,6	0,8	0,75	1,78	1,332
Плита електрична	2	15,8	0,6	0,94	0,36	18,96	6,882
Електричний котел	1	18,9	0,6	0,94	0,36	11,34	4,116
Картоплечистка	1	0,75	0,4	0,85	0,62	0,3	0,186
Жарочна шафа	1	7,6	0,6	0,91	0,46	4,56	2,078
Холодильна шафа	1	0,42	0,7	0,8	0,75	0,294	0,221
Електрична м'ясорубка	1	2	0,4	0,85	0,62	0,8	0,496
Електрична сковорода	1	15	0,6	0,95	0,33	9	2,958
Компютер	30	0,4	0,3	0,95	0,33	3,6	1,183
Принтер	5	0,3	0,2	0,95	0,33	0,3	0,099
Ноутбук	5	0,065	0,3	0,95	0,33	0,0975	0,032
Відеопроєктор	15	0,27	0,3	0,95	0,33	1,215	0,399
Телевізор	20	0,2	0,2	0,95	0,33	0,8	0,263
$\Sigma$						70,27	26,59

Перевірка кабелю по значенню допустимого струму проводиться в двох режимах: нормальному та післяаварійному.

Розглянемо одразу післяаварійний режим: один трансформатор вийшов з ладу, спрацювала система резервування і все навантаження СЗШ №67 живиться від одного трансформатора.

Сумарне значення повної потужності об'єкта розрахуємо за формулою:

$$S_{\Sigma p} = \sqrt{P_{\Sigma p}^2 + Q_{\Sigma p}^2}, \quad (3.5)$$

де  $P_{\Sigma p}$  та  $Q_{\Sigma p}$  – сумарна активна та реактивна потужності ділянок, що живляться від справного трансформатора під час аварії.

Підставивши у формулу (3.5) відповідні числові значення, отримаємо:

$$S_{\Sigma p} = \sqrt{70,27^2 + 26,59^2} = 75,13 \text{ кВА.}$$

Як відомо, коефіцієнт реактивної потужності,  $tg\varphi$ , це співвідношення реактивної енергії до активної. Визначимо фактичне значення цього показника для СЗШ №67 за формулою:

$$tg_{\text{факт}}\varphi = \frac{Q_{\Sigma p}}{P_{\Sigma p}}. \quad (3.6)$$

Підставивши у формулу (3.6) відповідні числові значення, отримаємо:

$$tg_{\text{факт}}\varphi = \frac{26,59}{70,27} = 0,38.$$

Характеристики кабелю марки АВВГ 3х120+1х70: [17]

- допустимий струм кабелю  $I_{\text{доп.}} = 226 \text{ А}$ ;
- активний опір жил кабелю  $r_0 = 0,253 \text{ Ом/км}$ .

Розрахунковий струм у післяаварійному режимі у кабельній лінії визначається за формулою, А:

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{S_{\Sigma p}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \quad (3.7)$$

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{74,83}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 113,7 \text{ А.}$$

Перевіримо за умовою:

$$\frac{I_{\text{п/а. р.}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} < I_{\text{доп.}},$$

де  $K_1$ ,  $K_2$  та  $K_3$  – коефіцієнти, що враховують умови прокладання, відстань між кабелями та тривалість перевантаження відповідно, приймаємо  $K_1 = 1,0$ ,  $K_2 = 0,9$  та  $K_3 = 1,3$ .

$$\frac{113,7}{1 \cdot 0,9 \cdot 1,3} = 97,2 < I_{\text{доп.}} = 226 \text{ А.}$$

Умова виконується.

Визначимо допустимі втрати напруги в лінії, при умові, що згідно [16] її допустима величина в п/а режимі становить  $\Delta U_{\text{доп.П/А}} = 10\%$ , за формулою:

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot r_0 \cdot P_{\text{п.}} \cdot l}{U_{\text{н}}^2}, \quad (3.8)$$

де  $l$  – довжина кабелю,  $l = 115$  м;

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot 0,253 \cdot 69,67 \cdot 0,115}{380^2} = 1,4 < 10\%.$$

Умова виконується.

Порівняємо отримані розрахункові значення потужності з нормативними для загальноосвітніх закладів, що регламентуються [16].

Сумарна активна потужність загальноосвітнього закладу визначається за формулою:

$$\sum P_{\text{сзш}} = p_{\text{н.і}} \cdot n, \quad (3.9)$$

де  $p_{\text{н.і}}$  – питома величина потужності на одного учня, кВт/учень. Для загальноосвітніх закладів з електрифікованими їдальнями та спортзалами  $p_{\text{н.і}} = 0,25$  кВт/учень;

$n$  – кількість учнів, яка навчається у школі – 540.

Підставивши у формулу (3.7) відповідні числові значення, отримаємо:

$$\sum P_{\text{сзш}} = 0,25 \cdot 540 = 135 \text{ кВт.}$$

Нормативне значення активної потужності на 50% вище за її фактичний показник, кабельна лінія також розрахована на значно більше значення потужності школи, що буде підключено до трансформаторної підстанції. Цей факт можна використати для забезпечення кращої якості організації навчального процесу, а саме: відмова від централізованого ГВП та встановлення бойлера, більше використання мультимедійних технологій і т.д.

Розрахуємо струм у післяаварійному режимі, підставивши замість сумарного значення активної потужності-нормативне.

В цьому випадку сумарне значення повної потужності об'єкта розрахуємо за формулою (3.5) підставивши відповідні значення буде:

$$S_{\Sigma p} = \sqrt{135^2 + 26,59^2} = 137,6 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм у післяаварійному режимі у кабельній лінії визначається за формулою (3.7)

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{137,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 213 \text{ А.}$$

Перевіримо за умовою:

$$\frac{I_{\text{п/а. р.}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} < I_{\text{доп.}},$$

де  $K_1$ ,  $K_2$  та  $K_3$  – коефіцієнти, що враховують умови прокладання, відстань між кабелями та тривалість перевантаження відповідно, приймаємо  $K_1 = 1,0$ ,  $K_2 = 0,9$  та  $K_3 = 1,3$ .

$$\frac{213}{1 \cdot 0,9 \cdot 1,3} = 182 < I_{\text{доп.}} = 226 \text{ А.}$$

В цьому випадку умова теж виконується.

Так як в індивідуальному завданні я розглядаю встановлення вентиляційних установок Prana 200G та Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС, розрахуємо також споживання ними електричної енергії.

Відомо, що Prana 200G споживає 32 Вт і їх буде встановлено 128 шт і Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС споживає 350 Вт і їх буде встановлено 2 шт.

Знайдемо сумарну потужність за формулою, Вт:

$$\sum P_{\text{Вент}} = p_{pr} \cdot n + p_v \cdot n, ,$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$\sum P_{\text{Вент}} = 32 \cdot 128 + 350 \cdot 2 = 4,8 \text{ кВт}$$

Знайдемо розрахунковий струм за формулою:

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{S_{\Sigma p} + \sum P_{\text{Вент}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}},$$

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{137,5 + 4,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 220 \text{ А.}$$

Перевіримо за умовою:

$$\frac{I_{\text{п/а. р.}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} < I_{\text{доп.}},$$

де  $K_1$ ,  $K_2$  та  $K_3$  – коефіцієнти, що враховують умови прокладання, відстань між кабелями та тривалість перевантаження відповідно, приймаємо  $K_1 = 1,0$ ,  $K_2 = 0,9$  та  $K_3 = 1,3$ .

$$\frac{220}{1 \cdot 0,9 \cdot 1,3} = 188 < I_{\text{доп.}} = 226 \text{ А.}$$

Умова виконується. Після підключення системи вентиляції споживання потужності збільшиться лише на 3,2% від загального споживання потужності школою. Так як, вентиляційні установки будуть підключені до мережі 220 Вт, то на схемі вони приєднані до щита розеточної групи

### 3.6 Оцінка існуючих засобів компенсації реактивної енергії

На момент енергетичного обстеження освітнього закладу відсутні будь-які пристрої компенсації реактивної енергії. Для сплати за реактивну енергію її обсяг визначався розрахунковим шляхом, згідно [18]:

$$WQ_{c(+)} = WP_{c(+)} \cdot \text{tg} \varphi_n, \quad (3.10)$$

де  $WP_{c(+)}$  – обсяг споживання активної електроенергії у вхідній точці вимірювання за розрахунковий період, кВт год;

$\text{tg} \varphi_n$  – нормативний тангенс навантаження, який дорівнює 0,8.

На рис. 3.3 зображено споживання реактивної енергії за останні роки.



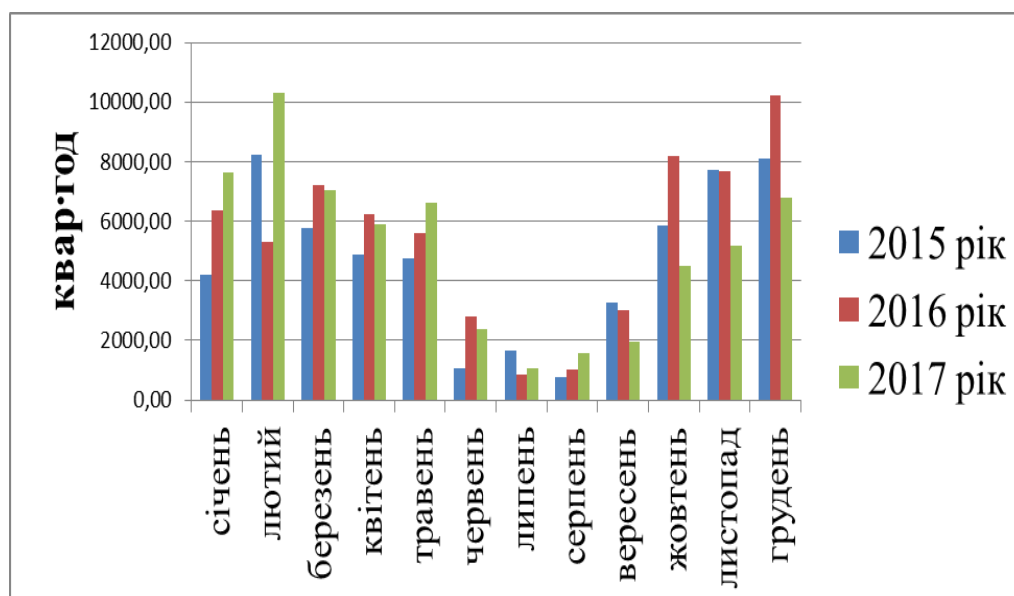


Рисунок 3.3 – Споживання реактивної енергії школою за 3 останні роки

Споживання активної електричної енергії за останні три роки наведене в п. 1.3.

### 3.7 Облік споживання електроенергії

Лічильники для обліку спожитої електроприймачами школи електричної енергії встановлені в приміщенні щитової (підвал біля вестибюля). Використовуються лічильники виробництва фірми НІК: два лічильника моделі 2301 АК1 та один моделі 2301 АПЗ. Перетікання реактивної енергії не фіксуються. Лічильник електричної енергії НІК 2301 АК1 призначений для вимірювання активної електричної енергії в трифазних колах змінного струму.

Лічильник відповідає вимогам ТУ У 33.2-33401202-005:2006 та ДСТУ ІЕС 62053-21. Лічильник застосовується для обліку електричної енергії в будь яких галузях.

Прилад обліку занесений до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні під номером У2299-13. Більш детальні характеристики наведені в табл. 3.6. та 3.7.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики лічильника NIK 2301 AK1

Параметр	Характеристика
Клас точності за ДСТУ ІЕС 62053-21	1,0
Номінальна напруга, $U_n$ , В	3х220/380
Допустимі відхилення напруги, % від $U_n$	від мінус 20 до плюс 15
Номінальна сила струму, $I_n$ , А	5
Максимальна сила струму, $I_{\text{макс}}$ , А	10
Номінальна частота, Гц	50
Чутливість, мА	10
Споживана потужність:	
- в колах напруги, В·А (Вт);	не більше 10 (2)
- в колах струму ( $I = I_n$ )	не більше 0,05
Кількість розрядів лічильного пристрою	6+1
Міжповірочний інтервал	16 років
Габаритні розміри:	
- без кронштейна	208 мм × 170 мм × 84 мм
- з кронштейном	314 мм × 170 мм × 84 мм

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики лічильника NIK 2301 АПЗ

Параметр	Характеристика
Клас точності за ДСТУ ІЕС 62053-21	1,0
Номінальна напруга, $U_n$ , В	3х220/380
Допустимі відхилення напруги, % від $U_n$	від мінус 20 до плюс 15
Номінальна сила струму, $I_n$ , А	5
Максимальна сила струму, $I_{\text{макс}}$ , А	120
Номінальна частота, Гц	50
Чутливість, мА	12,5
Споживана потужність:	
- в колах напруги, В·А (Вт);	не більше 10 (2)
- в колах струму ( $I = I_n$ )	не більше 0,05
Кількість розрядів лічильного пристрою	6+1
Міжповірочний інтервал	16 років
Габаритні розміри:	
- без кронштейна	208 мм × 170 мм × 84 мм
- з кронштейном	314 мм × 170 мм × 84 мм

### 3.8 Баланси річного споживання активної та реактивної енергії

Складемо баланс споживання енергії електроспоживачами загальноосвітньої школи №67 за грудень та липень 2017 року.

Споживання електричної енергії відповідної одиниці обладнання розраховується за формулою:

$$W_i = P_{\text{вст } i} \cdot n \cdot k_{\text{в } i} \cdot T_{\text{роб } i},$$

де  $P_{\text{вст } i}$  – встановлена потужність одиниці відповідного обладнання, кВт, яка береться із паспортних даних обладнання;

$n$  – кількість одиниць обладнання, шт;

$k_{\text{в } i}$  – коефіцієнт використання встановленої потужності.

$T_{\text{роб } i}$  – тривалість роботи відповідного обладнання за рік.

У програмі Microsoft Excel розрахуємо споживання електричної енергії за лютий та липень 2017 року.

Сумарний обсяг споживання електроенергії за грудень та липень місяць 2017 року становить: 12863 кВт·год та 1340 кВт·год відповідно.

Співвідношення корисного споживання електроенергії між групами споживачів за лютий та липень місяць 2017 року зведемо у таблицю 3.8 та 3.9 відповідно.

Таблиця 3.8 – Співвідношення корисного споживання електроенергії між групами споживачів за лютий 2017 року

Споживач	Спожита енергія, кВт·год	Відсоткове співвідношення, %
Система освітлення	3284	25,53
Офісна техніка	2164,2	16,82
Насоси	430	3,34
Обладнання харчоблоку	6984,84	54,3

Таблиця 3.9 – Співвідношення корисного споживання електроенергії між групами споживачів за липень 2017 року

Споживач	Спожита енергія, кВт·год	Відсоткове співвідношення, %
Система освітлення	352,16	26,28
Офісна техніка	378	28,2
Насоси	173,6	12,95
Обладнання харчоблоку	436,24	32,55

Електричний баланс за лютий і липень 2017 року зобразимо на рисунках 3.4 та 3.5 відповідно.

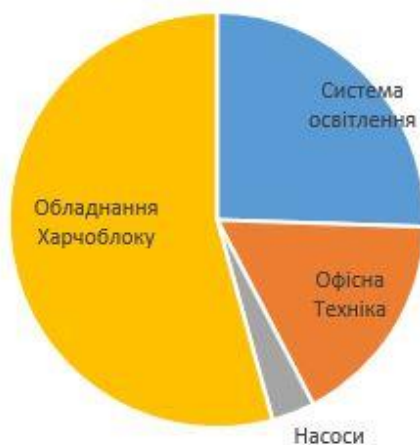


Рисунок 3.4 – Структура корисного енергоспоживання за лютий 2017 року

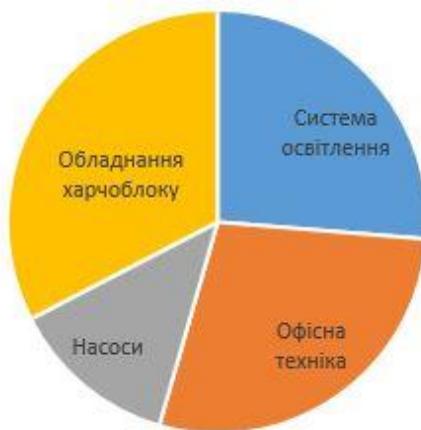


Рисунок 3.5 – Структура корисного енергоспоживання за липень 2017 року

Зі структурованого енергобалансу видно, що найбільше електроенергії споживається на потреби харчоблоку, на нього припадає 54% від усієї спожитої енергії в лютому. В літній період споживання електроенергії значно нижче, це зумовлено більшим світловим днем та відсутністю навчального процесу на час канікул.

Отже, оперуючи розрахунковими величинами споживання електричної енергії навчальним закладом, можемо зробити явні висновки, що піки споживання електричної енергії припадають на навчальний період, оскільки постійно працює їдальня, використовується освітлення для дотримання

нормативних значень освітленості в приміщеннях, офісна техніка також вносять зміни в споживання електроенергії об'єктом.

### 3.9 Аналіз динаміки тарифів на електроенергію

На момент енергетичного обстеження функції постачальника електричної енергії до середньої загальноосвітньої школи №67 виконує ПАТ «ДТЕК Київські Електромережі». Розрахунок за спожиту електроенергію здійснюється за сумарними показами лічильників та розрахункового значення реактивної енергії. Досліджуваний об'єкт відноситься до споживачів II класу напруги (до 27,5 кВ) та сплачує за обсяг спожитої електроенергії згідно однозонного тарифу на електроенергію для споживачів (крім населення) [19].

На рис. 3.6 та 3.7 зображено динаміку зміни тарифів активної та реактивної електроенергії за певний проміжок часу. Чітко відслідковується тренд підвищення рівня тарифів майже щоквартально. Кількісні значення тарифу наведено в дод.А.

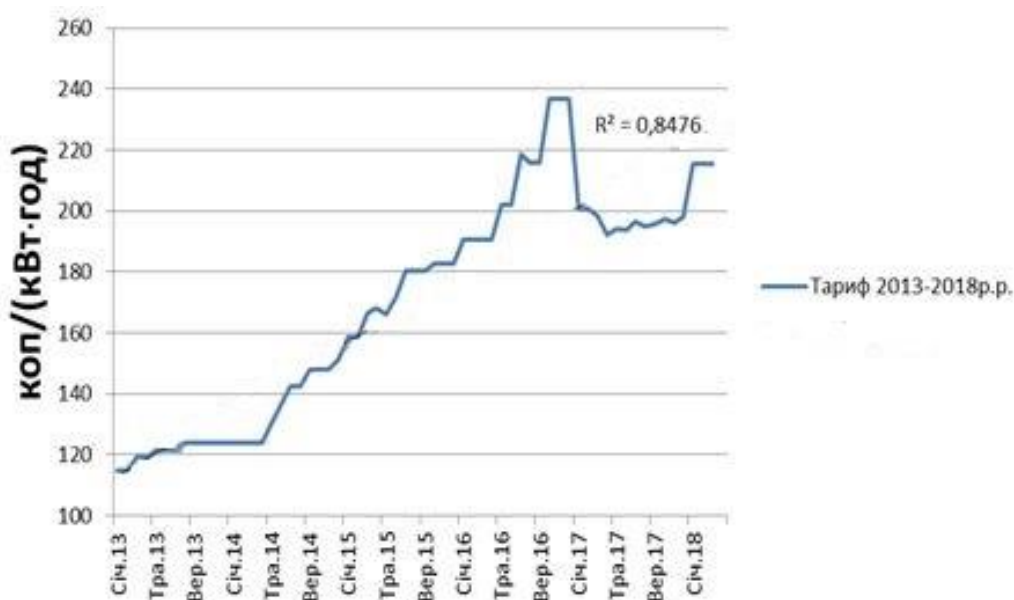


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни тарифу на активну електроенергію за 2013-2018 р.р.

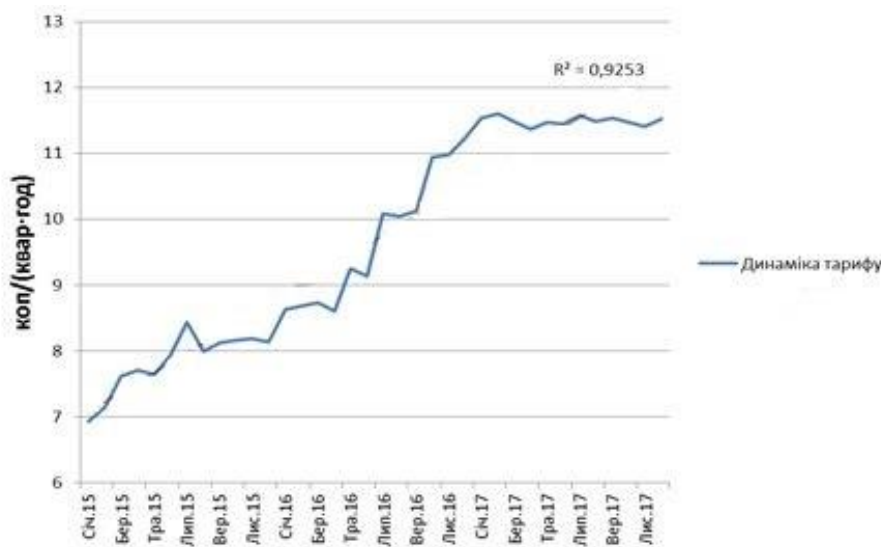


Рисунок 3.7 – Динаміка зміни тарифу на реактивну електроенергію за 2015-2017р.р.

Спостерігаючи за динамікою, можемо зауважити, що тариф постійно зростає, тому в розрахунках приймається тариф за 2018р.

### 3.10 Заходи з енергозбереження та енергоефективності

Проаналізувавши баланси споживання електричної енергії стає зрозуміло, що найбільше втрат припадає на кухонне обладнання (в зимовий період - 54%), освітлення (в зимовий період - 22,5% ).

Для зменшення втрат електричної енергії та підвищення рівня енергоефективності ми будемо приймати заходи з енергозбереження саме в цих сферах.

На кухні ми будемо розглядати ті об'єкти, термін експлуатації яких вже завершився і які споживають найбільше потужності.

#### 1. Заміна холодильних шаф

На кухні ЗОШ №67 наявні 3 холодильники, які використовуються для збереження продуктів. Енергетичні характеристики холодильників наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Енергетичні характеристики наявних холодильників

Обладнання	К-ть, (шт.)	Потужн. Одиниці, (Вт)	Загальн. потужн., (кВт)	Номінальна напруга, (В)	Період роботи, (год/тижд.)
Холодильник	3	850	2,55	220	168

Визначимо річну величину споживаної електроенергії та її вартість:

$$W_{\text{ел.печі-ст}} = 2,55 \cdot 168 \cdot 4 \cdot 9 = 15422 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік};$$

$$E_{\text{ел.печі-ст}} = 15422 \cdot 2,29 = 35316 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Пропонуємо встановити сучасні холодильні шафи «Frosty THL 1410TN» , які споживають менші потужності.

Технічні характеристики електроприладу наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики холодильної шафи «Frosty THL1410TN»

Параметр	Характеристика
Номінальна напруга, В	220
Номінальний об'єм, л	1340
Тип охолодження	динамічне
Електрична потужність, Вт	600



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд холодильної шафи «Frosty THL 1410TN»

Визначимо, який обсяг споживання та відповідний грошовий еквівалент матиме нова електрична піч:

$$W_{\text{ел.печі-нов}} = 1,8 \cdot 168 \cdot 4 \cdot 9 = 10886 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік};$$

$$E_{\text{ел.печі-нов}} = 10886 \cdot 2,29 = 24929 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Економія в грошах складе:

$$\Delta E = E_{\text{ел.печі-ст}} - E_{\text{ел.печі-нов}} = 35316 - 24929 = 10387 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Капіталозатрати при заміні обладнання формуватимуться з вартості холодильних установок, доставки та налагодження установки. Відобразимо відповідні величини у формулі:

$$K = 45046 \cdot 3 + 500 + 1000 = 136638 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою (3.11):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{136638}{10387} = 13 \text{ роки}.$$

Термін окупності є прийнятним, враховуючи робочий цикл обладнання, що складає, як мінімум 15 років.

## 2. Заміна на кухні електричної печі на нову енергоефективну.

На кухні СЗШ №67 наявна електрична піч, що слугує для приготування їжі. Енергетичні характеристики наявної печі наведено в табл. 3.12. Технічний стан – справний. Енергоспоживання – значне.

Таблиця 3.12 – Енергетичні характеристики наявної електричної печі

Параметр	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці,Вт	Загальн. потужн. (кВт)	Номінальн а напруга, В	Період роботи (год/тижд.)
Характеристика	1	15000	15	380	10

Визначимо річну величину споживаної електроенергії та її вартість:

$$W_{\text{ел.печі-ст}} = 15 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 9 = 5400 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік};$$

$$E_{\text{ел.печі-ст}} = 5400 \cdot 2,29 = 12360 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Пропонуємо встановити нову електричну піч, яка буде задовольняти потребам по обсягам приготування їжі, але споживати значно менше електричної енергії. Електрична плита «СЭ-0,25» (рис. 3.8) цілком відповідає нашим вимогам.



Енергетичні характеристики приладу наведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Енергетичні характеристики електричної печі СЭ-0,25

Параметр	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці, Вт	Загальн. потужн., (кВт)	Номінальна напруга, В
Характеристика	1	5000	5	380



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд електричної печі СЭ-0,25

Визначимо, який обсяг споживання та відповідний грошовий еквівалент матиме нова електрична піч:

$$W_{\text{ел.печі-нов}} = 5 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 9 = 1800 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік};$$

$$E_{\text{ел.печі-нов}} = 1800 \cdot 2,29 = 4120 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Економія в грошах складе:

$$\Delta E = E_{\text{ел.печі-ст}} - E_{\text{ел.печі-нов}} = 12360 - 4120 = 8240 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Капіталозатрати при заміні обладнання формуватимуться з вартості нової печі, доставки та налагодження установки. Відобразимо відповідні величини у формулі:

$$K = 18370 + 500 + 1000 = 19870 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою (3.11):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{19870}{8240} = 2,4 \text{ роки}.$$

Термін окупності є прийнятним, враховуючи робочий цикл обладнання, що складає 6 років.

### 3. Для зменшення використання електричної енергії в частині освітлення замінимо люмінесцентні лампи та лампи розжарювання на світлодіодні.

Пропонується замінити по всій будівлі освітнього закладу люмінесцентні лампи (потужність 18 Вт та 36 Вт) та лампи розжарення (потужність 60 Вт та 100 Вт) на світлодіодні потужністю 10 Вт та лінійними світлодіодними лампами потужність 8 Вт з тими самими розмірними характеристиками та величиною світлового потоку [20].

Технічні характеристики нових ламп наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Технічні характеристики лампи LED A60 10W E27 та світлодіодної лампи 8W L600 6500K Optima

Параметр	Характеристика LED A60 10W E27	Характеристика 8W L600 6500K Optima
Виробник світлодіодів	Sanan	Optima
Тип цоколя	E27	G13
Світловий потік, лм	850 лм	600 лм
Електрична потужність, Вт	10	8

Розрахуємо грошові затрати на електричну енергію, спожиту ЛБ 18 Вт та 36 Вт та LED 10 Вт за один рік (тариф на електричну енергію на II квартал 2018 року становить: 2,29 грн) та покажемо результати в табл. 3.15 та 3.16:

$$E_{\text{ЛБ18}} = 0,018 \cdot 1400 \cdot 1050 \cdot 2,29 = 60590 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ЛБ36}} = 0,036 \cdot 1400 \cdot 335 \cdot 2,29 = 38665 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ЛР100}} = 0,1 \cdot 1400 \cdot 12 \cdot 2,29 = 3850 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ЛР60}} = 0,06 \cdot 1400 \cdot 30 \cdot 2,29 = 5770 \text{ грн};$$

$$E_{\text{КЛС}} = 0,015 \cdot 1400 \cdot 392 \cdot 2,29 = 18850 \text{ грн};$$

$$E_{\text{LED}} = 0,01 \cdot 1400 \cdot 42 \cdot 2,29 = 1346 \text{ грн},$$

$$E_{\text{LED(лін.)}} = 0,01 \cdot 1400 \cdot 1777 \cdot 2,29 = 56940 \text{ грн},$$

Таблиця 3.15 – Порівняння електроспоживання різних типів ламп

n, шт.	τ, год/рік	ЛБ (6000 год)			
		Р, Вт	Ціна, грн	Споживання ел. ен. за 1 рік	
				кВт·год	грн
1050	1400	18	24	26460	60590
335	1400	36	30	16884	38665
392	1400	15	45	8232	18850
Лампа розжарювання					
30	1400	60	7	2520	5770
12	1400	100	8	1680	3850
			Загальна сума:	55776	127725

Таблиця 3.16 – Електроспоживання світлодіодних ламп

n, шт	τ, год/рік	Р, Вт	LED (30000 год)		
			Ціна, грн	Споживання ел. ен. за 1 рік	
				кВт·год	грн
1777	1400	8	49	19902	56940
42	1400	10	53	588	1346
Сумарне значення				19902	58268

Економія в електроспоживанні та оплаті тарифів за рік складе:

$$\Delta W_{\text{рік}} = 55776 - 19902 = 35874 (\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{рік};$$

$$\Delta E_{\text{рік}} = 127725 - 58268 = 69457 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Розрахуємо величину необхідних первинних вкладень капіталу на закупівлю і монтаж LED ламп.

Прийmemo, що витрати на монтаж складуть 15% від вартості LED ламп, а додаткові витрати на адаптацію деяких світильників становитимуть 15000 грн. Отже, маємо:

$$K = (53 \cdot 42 + 49 \cdot 1777) \cdot 1,15 + 15000 = 104193 \text{ грн}.$$

Розрахуємо простий термін окупності для запропонованого заходу з енергозбереження. Скористаємось формулою:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K}{\Delta E}; \quad (3.11)$$

$$T_{\text{ок.}} = \frac{104193}{69457} = 1,5 \text{ роки}.$$

Зауважимо, що період експлуатації лампи коливається від 3,5 до 11 років, а відносно невеликий термін окупності свідчить про те, що установка LED-ламп є доцільним заходом з енергозбереження, який вигідним з економічної точки зору.

#### 4. Встановлення лічильника реактивної енергії.

На момент енергетичного аудиту освітнього закладу були відсутні засоби обліку споживання реактивної енергії. Щомісячні нарахування за показник формувались відповідно до його розрахункового значення, що становить в середньому вісімсот гривень відповідно до тарифу, актуального на 01.05.2018.

Пропонується встановити два лічильника NIK 2303 APK1.

Технічні характеристики наведено в табл. 3.17.

Таблиця 3.17 – Технічні характеристики NIK 2303 APK1

Параметр	Характеристика
1	2
Клас точності ДСТУ ІЕС 62053-21	1,0
Номінальна напруга, $U_n$ , В	3x220/380
Допустимі відхилення напруги, % від $U_n$	від мінус 20 до плюс 15
Номінальна сила струму, $I_n$ , А	5
Максимальна сила струму, $I_{\text{макс}}$ , А	10
Номінальна частота, Гц	50
Чутливість, мА:	
активна енергія	10
реактивна енергія	9,3
Споживана потужність:	
- в колах напруги, В·А (Вт);	не більше 10 (2)
- в колах струму ( $I = I_n$ )	не більше 0,05
Кількість розрядів лічильного пристрою	6+2
Кількість напрямів вимірювання активної (реактивної) енергії	1(2)
Міжповірочний інтервал	16 років
Габаритні розміри:	
- без кронштейна	208 мм × 170 мм × 84 мм
- з кронштейном	314 мм × 170 мм × 84 мм
Вартість, грн.	3050

Оцінимо економію грошей шляхом порівняння співвідношення величин реактивної та активної потужностей. Нормативне співвідношення [18] на момент енергоаудиту становить 0,8. Відповідно до п. 3.5. дійсне співвідношення становить 0,38. Тобто, оплата реактивної електроенергії за показами лічильника буде меншою, орієнтовно, на 47,5% від оплати за розрахунковим значення обсягу реактивної електроенергії.

### Висновки до розділу

В даному розділі було обстежено поточний стан системи електропостачання навчального закладу та визначено найенергоємніші споживачі електричної енергії. Відповідно до цих даних були розроблені заходи з енергозбереження.

Результати проведених техніко-економічних розрахунків для обґрунтування доцільності впровадження запропонованих заходів з підвищення ефективності використання теплової енергії зведені в табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження

№	Захід з енергозбереження	$\Delta W$ , кВт·год	$\Delta E$ , грн/рік	$T_{ок.}$ , роки
1	Заміна холодильних шаф	4536	10387	13
2	Заміна електричної печі	3600	8240	2,4
3	Заміна ламп на нові енергоефективні	35874	69457	1,5
4	Встановлення лічильника реактивної енергії	-	4526	2,9

Також ми відслідковуємо постійне зростання тарифів на електроенергію протягом досить тривалого проміжку часу, що позитивно відображається на терміні окупності запропонованих заходів з енергозбереження через обернену залежність цих показників.

## **4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШКОЛИ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

### **4.1 Літературний огляд, постановка задачі**

Вентиляція відіграє дуже важливу роль в житті людини, так як в приміщенні саме вона забезпечує відповідну якість повітря. А від його якості залежить самопочуття, працездатність та здоров'я людини.

В загальноосвітній школі №69 як і в більшості закладах освіти України використовується природна система вентиляції, яка не забезпечує рівень повітрообміну, який би відповідав національним стандартам. В досліджуваному мною освітньому закладі вентиляція проводиться шляхом відкривання вікон, проте, в таких приміщеннях, як актові зали, навчальні аудиторії, спортивні зали, тощо, цей спосіб вентиляції зазнає певних перешкод, особливо в холодний період року. Під час знаходження людей в приміщенні вікна не відкриваються, а відповідно підвищується вологість, бракує кисню, температура в приміщенні стає некомфортною для перебування в ньому. Проте, після завершення всіх заходів, зазвичай відбувається провітрювання і це призводить до значних втрат теплової енергії.

Саме тому дуже важливим є встановлення механічної контрольованої системи вентиляції.

Основною метою встановлення сучасної вентиляційної установки є:

- Забезпечення, відповідного до стандартів, якості повітря;
- Економія електроенергії, за рахунок встановлення вентиляційного обладнання з використанням енергозберігаючих двигунів;
- Зниження споживання енергії для нагрівання повітря завдяки рекуперації енергії витяжного повітря;
- Ефективна робота системи вентиляції за допомогою автоматичного управління.

## 4.2 Теоретичні відомості щодо методики визначення характеристик

Для енергетичного моделювання навчального закладу було використано програму DesignBuilder на базі розрахункового модуля EnergyPlus.

DesignBuilder [21] - це зручне середовище моделювання, де можна працювати з віртуальними моделями будівництва. Він надає ряд даних щодо екологічних показників, таких як: споживання енергії, викиди вуглецю, комфортні умови, денне світло, максимальна температура в літній час і т.д. Цей програмний продукт розроблений для полегшення процесу моделювання будівлі та він порівнює альтернативні будівельні конструкції, використовуючи функцію та ефективність на основі результатів порівняння за різними аналізами швидко та економічно.

Типові способи використання DesignBuilder:

- розрахунок споживання енергії в будівництві;
- оцінка варіантів фасаду з точки зору перегріву та зовнішнього вигляду;
- теплове моделювання природно вентильованих будівель;
- прогнозування природного розподілу світла;
- візуалізація макетів сайту та сонячного затемнення;
- обчислення розмірів опалювального та охолоджувального обладнання;
- детальне моделювання та проектування систем кондиціонування повітря та природних систем вентиляції, включаючи вплив розподілу поданого повітря на розподіл температури та швидкості в приміщенні.

DesignBuilder використовує останню версію програмного продукту EnergyPlus для обчислення енергетичної ефективності будівель. Отримані дані можуть бути відфільтровані за бажанням і представлені в графіках або можуть експортуватися в табличному форматі для використання в інших програмах.

EnergyPlus - це найповніша програма моделювання енергетичної сили будівлі, розроблена Міністерством енергетики США, для моделювання опалення, охолодження, освітлення, вентиляції та іншого потоку енергії, що постійно вдосконалюється. Він побудований на найпопулярніших функціях і можливостях BLAST і DOE-2, але одночасно має багато інноваційних можливостей, таких як

час, що не працює протягом години, симуляція зони балансу теплопередачі, багатоконцентрова система кондиціонування повітря, тепловий комфорт і фотогальванічні системи.

Побудована 3-D геометрія енергетичної моделі будівлі наведено на рис. 4.1.

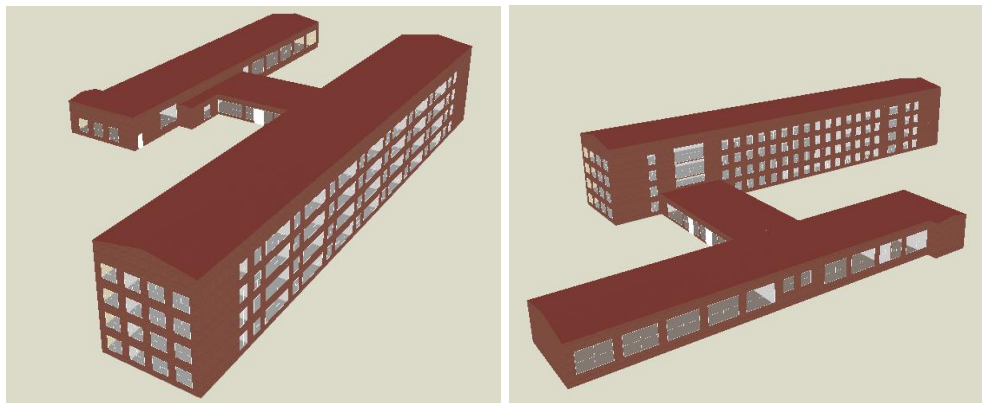


Рисунок 4.1 - Вигляд енергетичної моделі школи

Для верифікації енергетичної моделі проводилося порівняння фактичних даних зі споживання енергоносіїв за останні три роки. Дані моделювання щодо річного споживання електричної та теплової енергії на опалення до встановлення системи вентиляції з теплоутилізацією наведено на рисунку 4.2.

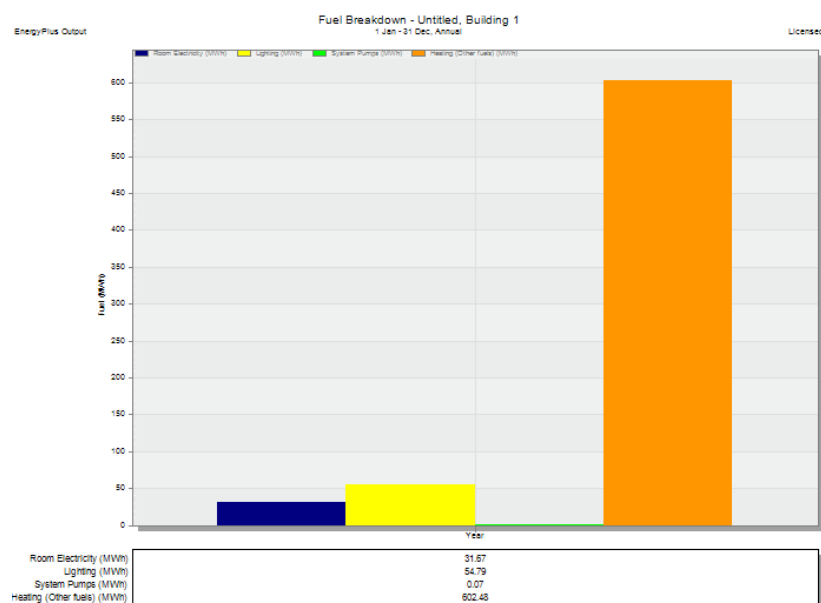


Рисунок 4.2 – Енергоспоживання до впровадження системи вентиляції



В програмі DesignBuilder застосовувалася водяна система опалення та припливно-витяжна система вентиляції з теплоутилізацією (рис. 4.3).

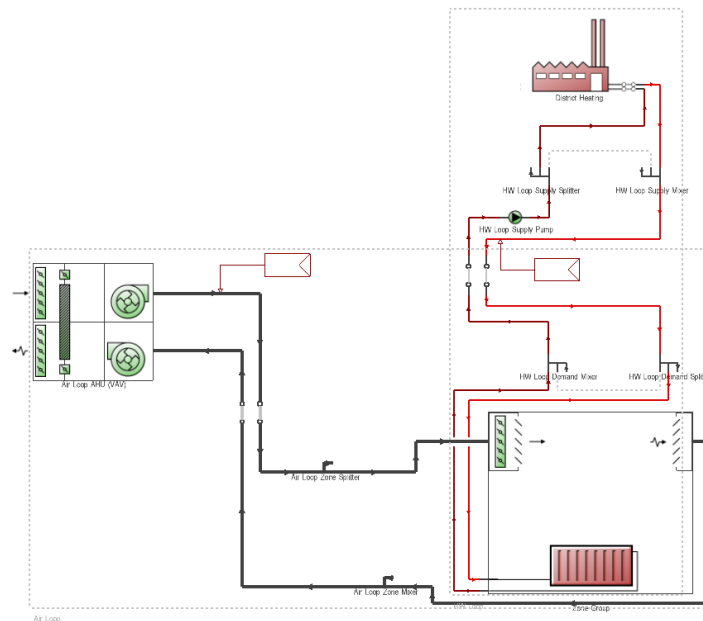


Рисунок 4.3 - Схема системи тепlopостачання та запропонована система вентиляції з теплоутилізацією

Всього існує два підходи до систем вентиляції: централізована та децентралізована (локальна) система вентиляції. Переваги та недоліки до систем наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Переваги та недоліки централізованої та децентралізованої систем вентиляції

Централізована система вентиляції	
Переваги	Недоліки
При правильному проектуванні переток повітря унеможливується	Висока вартість системи
Індивідуальне управління	Висока вартість встановлення
Можливе охолодження вхідного повітря	Висока вартість експлуатації
Забезпечує вищий рівень енергозбереження	Під час модернізації будівель використовується частково
Зменшується рівень шуму	

Продовження таблиці 4.1

<b>Децентралізована система вентиляції</b>	
<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
Вартість нижча ніж вартість централізованої системи	Ризик перетоків повітря
Використовується для модернізації існуючих будівель	Охолодження можливе лише частково
Можлива рекуперація тепла	Якщо встановлюється на всю будівлю – то вартість встановлення висока
Можливе індивідуальне управління витратою повітря	В порівнянні з децентралізованою системою має вищий рівень шуму
Незначна зміна структури будівлі	Коефіцієнт утилізації може бути меншим
Можливість вентиляції окремих приміщень	

Пропонується встановлювати безканалні системи вентиляції Prana 200G [22] для класних кімнат (по 4 установки виходячи з необхідної витрати повітря) та Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС [23] для приміщень актової та спортивної зали. Обидві системи відбуваються з рекуперацією тепла, так як на метою є не лише покращити якість повітря, а й зробити температуру в приміщеннях максимально комфортною.

Система вентиляції Prana 200G зображена на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Система вентиляції PRANA 200G

Особливостями роботи є те, що рекуператор можна встановити на нічний режим, завдяки якому повітрообмін знижується до  $25 \text{ м}^3$  на годину;

Коефіцієнт корисної дії теплообміну становить 74%;

Витрати електричної енергії складають від 7 Вт / год, при режимі «ніч», до 32Вт / год, при максимальній продуктивності.

Потужності даного пристрою вистачає для вентилявання площі до  $60 \text{ м}^2$ .

Продуктивність повітря на приплив становить  $135 \text{ кубометрів}$  повітря в годину, витяжка здатна призвести до  $125 \text{ метрів кубічних}$  повітря за такий же період.

Система вентиляції Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС зображена на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 – Система вентиляції Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС

Установка Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС оснащена водяним нагрівачем і є незалежним вентиляційним пристроєм, який водночас виводить забруднене повітря та забезпечує подачу свіжого повітря і також підігріває повітря до комфортної температури. Витрата повітря складає до:  $600 \text{ м}^3$  / год

Сумарна потужність установки складає 4350 Вт.

### 4.3 Результати проведених розрахунків

Для того, щоб правильно визначити необхідну потужність вентиляційної установки, в розрахунках ми приймали витрату повітря, з розрахунку 16м<sup>3</sup>/год на одного учня.

Результати моделювання економії теплової енергії та додаткових витрат електричної енергії, за рахунок вентиляційних установок представлених вище, наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники систем вентиляції з теплоутилізацією

Назва установки	К-ть	Ціна за од., грн	Електр. потужн. вентиляторів, Вт	Капітало-вкладення, грн.	Економія теплової енергії, кВт·год	Додаткова затрата електричної енергії, кВт·год	Економія, грн.	ТО, років
Prana 200G	128	6400	32	1228800	158289	7209	209623	5,9
Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС	2	62157	350	149177	10992	1232	12897	11,6
Всього	-	-	-	1377977	169281	8441	222520	6,2

Як видно з наведених розрахунків загальна економія теплової енергії при впровадженні енергозберігаючої системи вентиляції становить близько 28%, а додаткові затрати на привід вентиляторів – 3,2 % від загального споживання електричної енергії.

### Висновки до розділу

В даному розділі було проведено порівняння децентралізованої та централізованої систем вентиляції, змодельовано ЗСШ №67 у програмі DesignBuilder та розраховано техніко-економічні показники систем вентиляції з утилізацією.

## **5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ**

### **5.1 Поточний стан системи енергетичного менеджменту**

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) - набір взаємопов'язаних або взаємодійних елементів, що визначають енергетичну політику та енергетичні завдання, а також процеси і процедури для досягнення цієї політики та цих цілей [21]. Організація, яка впровадила в свою діяльність СЕМ має можливість покращувати виробничі цикли, економити енергетичні ресурси та своєчасно впроваджувати заходи з енергозбереження.

На момент проведення енергетичного обстеження загальноосвітнього закладу (СЕМ) була повністю відсутня. Облік енергетичних ресурсів проводився завгоспом. Моніторинг та ремонт усіх внутрішніх систем проводився технічним персоналом школи.

### **5.2 Створення системи енергетичного менеджменту**

Створення СЕМ є найпершим кроком будь-якої організації на шляху до енергоефективності та енергонезалежності. На сьогоднішній день в Україні діє стандарт [24], який регламентує всі процеси при створенні СЕМ.

Пропонується розбити процес реалізації СЕМ відповідно до основних положень цього стандарту.

#### **5.2.1 Прийняття зобов'язання**

Керівництво школи має взяти на себе зобов'язання обов'язково робити кроки до досягнення безперервного поліпшення всіх енергосистем. Пропонується призначити відповідальним за енергоменеджмент директора школи, як особу, котра має всі можливості контролю та впливу на всі процеси, що відбуваються в загальноосвітньому закладі.

Необхідно створити робочу групу з енергоефективності, до складу якої ввійдуть директор (голова), завгосп (відповідальний за стан матеріально-технічної бази та облік всіх енергоресурсів), заступник директора з виховної роботи (відповідальний за донесення до учнів важливості пропонованих заходів) та технічний працівник (відповідальний за практичну реалізацію запланованих технічних заходів).

Робоча група обов'язково має прийняти, затвердити та донести до кожного учня та викладача енергетичну політику, якої буде дотримуватись організація.

### **5.2.2 Оцінка ефективності використання енергії**

Для оцінки рівня енергоефективності школи необхідно зібрати вихідні дані щодо споживання енергоносіїв, всіх енергетичних процесів. Необхідно зрозуміти яким чином використовується енергія школою та виявити найбільш та найменш енергоефективні елементи системи.

Рекомендується скористатись інформацією, яка наявна в цьому дипломному проекті.

### **5.2.3 Встановлення цілей**

Для досягнення конкретних результатів щодо підвищення рівня енергоефективності вкрай необхідно встановити чіткі зрозумілі цілі які необхідно досягнути. Для цього необхідно оцінити реально досяжний потенціал ресурсо- та енергозбереження, сформулювати рамки, в межах яких необхідно проводити діяльність по підвищенню енергоефективності.

### **5.2.4 Розроблення чіткого плану дій**

Після встановлення і проголошення цілей, робоча група повинна розробити порядок дій, які необхідно послідовно виконати. Всі заходи повинні бути узгоджені з усіма профільними службами, які мають відношення до них.

Необхідно поставити конкретні значення цільових показників і відповідальних співробітників для реалізації кожної цілі, наприклад, зменшити споживання теплоти на 10% від середньорічних показників та ін.

Також повинні бути обговоренні та затверджені дати виконання плану та створені інструменти контролю та моніторингу за станом реалізації намічених цілей.

#### **5.2.5 Виконання плану**

Для виконання розробленого попередньо плану необхідно проінформувати всіх учнів та співробітників школи щодо прийнятої енергетичної програми. Можлива мотивація відповідальних за результат працівників. Також необхідне всіляке сприяння керівного апарату школи для реалізації намічених цілей енергетичної програми.

#### **5.2.6 Оцінка результатів**

Основою СЕМ є аналіз повної достовірної та оперативної інформації про використання енергетичних ресурсів. Це необхідно для можливості визначати допущені помилки та оперативного корегування процесу підвищення рівня енергоефективності.

#### **5.2.7 Оцінка досягнутого прогресу**

На цьому кроці робочою групою з енергоефективності відбувається аналіз всіх отриманих даних, які обґрунтовані відповідним звітом після завершення виконання поставленої цілі.

На основі аналізу звіту плануються наступні кроки щодо підвищення енергоефективності та шляхи її реалізації і таким чином розглянутий попередньо цикл замикається. Схема функціонування СЕМ наведена на рис. 5.1.



Рисунок 5.1 – Організація схеми функціонування СЕМ СЗШ № 67

### Висновки до розділу

В даному розділі ми провели аналіз системи енергетичного менеджменту в ЗОШ №67, та порекомендували ввести посаду енергоменеджера і закріпити за цією посадою директора навчального закладу. Він розроблятиме енергетичну політику навчального закладу та проводить регулярні обстеження.



## **6 СТАРТАП-ПРОЕКТ. ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ПОВІТРЯ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

Протягом останніх років активно збільшується кількість запитів на енергоаудит від різних закладів та підприємств. Проте, якщо у житлових будинках та офіс-центрах удосконаленню вентиляції приділяють достатньо уваги, у навчальних закладах цим нехтують.

Ідея полягає у проведенню розрахунків та встановленні систем вентиляції з рекуперацією. Стартап-проект орієнтовано на використання у навчальних закладах різних типів акредитації в якості інструменту для підвищення енергозбереження.

Завдання розділу полягає у визначенні перспективності запропонованих у цій роботі науково-технічних рішень і пропозицій за допомогою маркетингового аналізу та оцінці можливостей їх ринкового впровадження [25].

В розділі надається опис ідеї стартап-проекту та визначаються основні напрями до його використання.

### **6.1 Опис ідеї проекту**

Ідея стартап-проекту є основним чинником, що впливає на успішність розвитку стартап-проекту. Тому визначення ідеї та можливих напрямів її застосування є дуже важливим етапу реалізації продукту.

У таблиці 6.1 надається опис ідеї проекту, розкривається його зміст, та вигоди для користувача.

Таблиця 6.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Головною ідеєю є встановлення вентиляційних установок з рекуперацією.	- встановлення системи в школах	<ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення енергозбереження школи</li> <li>- зменшення витрат на опалення школи</li> <li>- забезпечення належної якості повітря</li> <li>- забезпечення комфортної температури в приміщеннях</li> </ul>
	- встановлення системи в дитячих садочках	<ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення енергозбереження садочку</li> <li>- зменшення витрат на опалення</li> <li>- забезпечення належної якості повітря</li> <li>- забезпечення комфортної температури в приміщеннях</li> </ul>

## 6.2 Технологічний аудит ідеї проект

Для того, щоб ідеї були реалізовані якісно, важливим є вибір технологій реалізації. В таблиці 6.2 наведено аналіз технологічної здійсненності проекту.

Таблиця 6.2 – Технологічний аудит ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Встановлення вентиляційної установки з рекуператором Prana 200G	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проведення аналізу, в яких саме приміщеннях необхідне встановлення установки;</li> <li>- розрахунок необхідної к-ті установок в приміщенні;</li> <li>- формування отворів.</li> </ul>	Технології наявні	Технології доступні
2.	Встановлення вентиляційної установки з рекуператором Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Проведення аналізу, в яких саме приміщеннях необхідне встановлення установки;</li> <li>- вбудовування установки в наявні вентиляційні шахти або перепрокладання вентиляційних шахт і вже після цього вбудовування системи.</li> </ul>	Технології наявні	Технології доступні

Дана технологія є не надто складною в реалізації, так як всі технології є наявні на ринку та доступні для придбання. Єдине, що необхідне для встановлення-зробити отвори з зовнішній стіні кожної навчальної аудиторії, та перепрокласти вентиляційні шахти для встановлення системи Вентс ВУТ 600 ЭГ ЕС.

### 6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 6.3 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підвищення рівня енергозбереження	Всі житлові та навчальні приміщення та лікарні	В залежності від відповідності потребам клієнтів	Зменшення енергозатрат
2	Комфортна температура в приміщенні	Всі житлові та навчальні приміщення та лікарні	В залежності від відповідності потребам клієнтів	температура в приміщеннях відповідає нормам
3	Комфортний мікроклімат	Всі житлові та навчальні приміщення та лікарні	В залежності від відповідності потребам клієнтів	постійне поступання свіжого повітря і видалення витяжного повітря

У розробці стартап-проекту важливо попередньо визначити загрози, що можуть перешкодити його введенню.

В таблиці 6.4 наведено основні фактори загроз та можливі дії, що призведуть до мінімізації негативного впливу цих факторів на розвиток проекту. Фактори в таблиці 6.4 подані в порядку зменшення значущості.

Таблиця 6.4 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Виведення установок з ринку	Установки, які ми використовуємо в нашому проекті можуть вийти з ринку	Доведеться шукати інші установки, які мають схожі характеристики
2.	Підвищення вартості	Якщо вартість дуже стрімко підвищиться, попит зменшиться	Доведеться шукати інші установки, які мають схожі характеристики та адекватну вартість
3.	Відсутність попиту	Установи можуть бути незацікавлені у встановленні вентиляції	Проводити заходи, де обґрунтовувати важливість вентиляції, самому шукати споживачів

Не менш значущим етапом для реалізації стартап-проекту, є визначення факторів, що сприяють ринковому впровадженню продукту.

В таблиці 6.5 представлені фактори можливостей та можлива реакція компанії на них (фактори подані в порядку зменшення значущості).

Таблиця 6.5 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Створення власної вентиляційної установки	Після довготривалої роботи з установками, можна знайти спосіб зробити власну кращу систему вентиляції	Почати випускати власні удосконалені вентиляційні установки
2.	Зменшення вартості використовуваних установок	Так як є велика кількість конкурентів, виробник може зменшити вартість вентиляційних систем	Закупити велику кількість установок, поки вартість знову не піднялась
3.	Підвищення попиту	Може підвищитись кількість бажаючих встановити вентиляцію	Розширити компанію

Подальшим кроком в проведенні маркетингового аналізу, після визначення загроз та можливостей, є проведення ступеневого аналізу конкуренції на ринку для визначення її загальних рис (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною
1.	Тип конкуренції - монолія	Є певна кількість конкурентів, які вже зарекомендували себе в цій сфері	Виконувати всю роботу якісно і швидко
2.	За рівнем конкурентної боротьби - локальний	В кожному регіоні є свої компанії, які займаються системами вентиляції	Намагатись бути кращими за своїх конкурентів в своєму регіоні
3.	За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Всі компанії-конкуренти працюють з нами в одній галузі	Виконувати всю роботу якісно і швидко
4.	Конкуренція за видами товарів: предметна	Всі компанії, які займаються вентиляцією використовують схожі технології	Виконувати всю роботу якісно і швидко
5.	За характером конкурентних переваг - нецінова	Так як вентиляція- має дуже довготривалий термін використання, необхідно, щоб всі було виконано якісно.	Ставити адекватну ціну на свої послуги

Після аналізу конкуренції на ринку необхідно провести більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі. Аналіз проводився за моделлю М. Портера [22].

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 4.9) - за моделлю М. Портера, яка вирізняє основні факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

1. Конкурент, що вже є в галузі.
2. Потенційні конкуренти.
3. Постачальники, що конкурують за ринкову владу.
4. Споживачі.

Сильні позиції компанії по кожному фактору забезпечують їй більший вплив на ринок. Аналіз складових цієї моделі є основою для розроблення переліку факторів конкурентоспроможності для певного обраного ринку.

Таблиця 6.7 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Постачальники	Клієнти
	- ПРОФКЛІМАТ - ЗДОРОВИЙ КЛІМАТ	Системи вентиляції	Запити на встановлення систем вентиляції
Висновки:	Ці компанії вже давно на ринку і тому мають гарні рекомендації, проте вони не працюють в сфері навчальних закладів	Від постачальників залежить вартість установок, які ми встановлюватимемо	Саме від кількості клієнтів залежить, наскільки прибутковим буде проект

Проаналізувавши таблицю видно, що увійти на ринок швидко не вдасться, проте, ми будемо працювати в сфері навчальних закладів, а в ній ще не має багато конкурентів, так як вона, покищо, не є надто прибутковою.

Таблиця 6.8 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: -відсутність конкурентів -наявність великої кількості шкіл, в котрих можна використати проект	Слабкі сторони: -відсутність репутації серед клієнтів -невисокий прибуток в перші роки існування компанії
Можливості: -популяризувати встановлення вентиляційних систем в навчальних закладах -покращити умови перебування дітей в навчальних закладах	Загрози: -відсутність попиту -відсутність інвестицій -висока конкуренція

В цьому розділі було проведено аналіз першого етапу розроблення стартап-проекту, а саме - висвітлено маркетингові аспекти створення стартап-проекту.

Компанія, яка займатиметься розрахунком та встановленням вентиляції з рекуперацією для навчальних закладів на ринку важко завоювати довіру користувача, оскільки перевага, зазвичай, дістається перевіреним компаніям.

На ринку існує монополістична конкуренція, є декілька фірм конкурентів, тому вихід на ринок передбачає складнощі.

Проте, проект має свої сильні сторони, зокрема однією із основних є те, що ніхто не працює зі школами

## ВИСНОВКИ

Об'єктом дослідження була середня загальноосвітня школа №67 м. Києва. При виконанні енергетичного аудиту було досліджено та проаналізовано всі енергетичні системи: теплопостачання, електропостачання та постачання холодної води. Глибоко проаналізовані всі відповідні параметри та показники.

Після аналізу теплопостачання були запропоновані заходи з енергозбереження, такі як:

- заміна старих дерев'яних вікон на енергоефективні металопластикові склопакети;
- утеплення зовнішніх стін;
- утеплення даху;

Проаналізувавши систему електропостачання були рекомендовані наступні заходи з енергозбереження:

- заміна холодильних шаф на сучасні
- заміна всіх ламп на нові LED;
- заміна старої електричної плити на нову;
- встановлення нового лічильника з можливістю обліку перетікання реактивної енергії;

Для доведення доцільності впровадження запропонованих заходів окрім технічних показників були розглянуті ще й економічні.

Так, загальна економія від впровадження розглянутих заходів у грошовому еквіваленті складе 439 тис. грн. за рік.

В якості спеціального питання було розглянуто встановлення вентиляційних установок з рекуперацією тепла. Це достатньо фінансово-затратний захід, проте завдяки ньому ми зможемо зекономити теплову енергію у розмірі 169281 кВт·год.

Проведено аудит ідеї проекту та визначено факт доцільності подальшої реалізації проекту. Зроблено аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту, розроблено ринкову стратегію та маркетингову програму.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії: Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи тепlopостачання: навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", 6.050601 "Теплоенергетика" / В.В.Дубровська, В.І Шкляр. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112 с.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006. ] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. –33 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Опалення, вентиляція та кондиціювання: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинні від 2014–01–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ- Б А.2.2-12:2015. – [Чинні від 2016-01-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2015. – 145 с. – (Національний стандарт України).
6. Бесконтактный инфракрасный термометр (пирометр) DT-8839/ST-8839 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://apirometr-DT-8839.php>. - Назва з екрану.
7. Енергозбереження будівель і споруд. Ефективність роботи системи опалення: метод. вказівки до викон. лабор. робіт з дисципліни для студ. спец. “Енергетичний менеджмент” / В. І. Дешко, М. М. Шовкалюк, О. М. Галілейська, К. В. Іщенко – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 40с.
8. Тепловизор общего назначения Ti100 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fluke.com/fluke/ruru/termografiq/ti100>. - Назва з екрану.
9. Тарифи на теплову енергію для юридичних осіб [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kyivenergo.ua/te-company/teplova\\_energiya](http://kyivenergo.ua/te-company/teplova_energiya).

10. Віконний калькулятор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://grandi-okna.com/ua/calculator>. - Назва з екрану.

11. Торговий майданчик Prom [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/Materialy-dlya-remonta> - Назва з екрану.

12. Оцінка потоків енергії/ексергії та їх втрат у системі «джерело тепла – огорожувальні конструкції – оточуюче середовище»: метод. вказівки до викон. комп. практикуму з дисципліни для студ. спец. 144 «Теплоенергетика», спеціалізація «Енергетичний менеджмент та інжиніринг»/Уклад: В. І. Дешко, Н. А. Буяк, І. О. Суходуб – К.: ІЕЕ, КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017р.– 36 с.

13. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)./ ДСТУ Б EN 15251:2011 [Чинні від 2013-01-01]/Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2012. – 71 с. – (Національний стандарт України).

14. Будинки та споруди начальних закладів: ДБН В.2.2-3:1997. – [Чинні від 1998-01-01]/Держкоммістобудування. – К.: Укрархбудінформ, 1997р. – 101 с. – (Державні будівельні норми України)

15. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23:2010. – [Чинні від 2010-10-01, на заміну ДБН В.2.5-23:2003. ] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. –102 с. – (Державні будівельні норми України).

16. Визначення розрахункового навантаження квартири та груп електроприймачів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/2-118032.html> - Назва з екрану.

17. Довідник продукції ПАТ «Завод «Южкабель». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yuzhcable.info/> - Назва з екрану.

18. Про затвердження методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії: Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 06.02.2018 р. №87.

19. Тарифи на електричну енергію (крім населення) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dtek-kem.com.ua/ru/ee-company/tarifi> - Назва з екрану.

20. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Споживачі електричної енергії» на тему «Методи розрахунку електричного освітлення» з напрямків підготовки 6.050601 «Теплоенергетика» / О.І.Соловей, А.В.Чернявський, Т.І.Литвин, О.М.Галілейська – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2011. – 56 с.

21. DesignBuilder. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.designbuilder.co.uk>.

22. Рекуператор "PRANA - 200G". [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://prana.org.ua/models/prana\\_200g](https://prana.org.ua/models/prana_200g).

23. Системи вентиляції Vents. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://old.vents.ua/item/vut-600-wh-ec/>

24. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)./ ДСТУ ISO 50001:2014 [Чинні від 2015-01-01] // Мінекономрозвитку України. – К., 2014. – 23с. – (Національний стандарт України).

25. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей [Електронний ресурс] / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ«КПІ», 2016. – 28с. — Режим доступу: <http://foundry.kpi.ua/uk/news/9-novini/764-metodychni-rekomendaciji-do-vykonannja-rozdilu-magisterskyh-dysertacij-dlja-studentiv-inzhenernyh-specialnostej.html>



*Розрахункова кількість будівельно матеріалу та його ціна на 1м<sup>2</sup> ізоляції*

1. Клей для приклеювання 4,5 кг. – 25 грн;
2. Мінвата - 1 м<sup>2</sup>. 1 – 503.5 грн;
3. Клей для армування - 4 кг. – 30 грн;
4. Дюбель - 6 шт. – 18 грн;
5. Грунтовка глибокого проникнення - 200 мл. – 5 грн;
6. Грунтовка під штукатурку - 250 мл. – 10 грн;
7. Сітка армована - 1,1 м<sup>2</sup>. – 10 грн;
8. Штукатурка в залежності від зерна. Чим менше зерно, тим менше витрата. В середньому від 2,5 кг. – 67 грн.